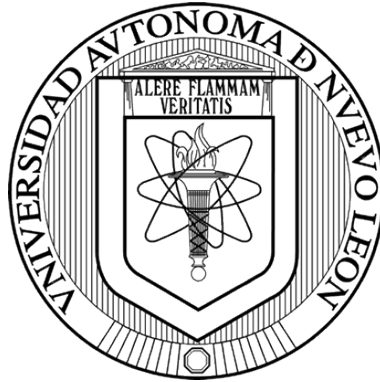


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE PSICOLOGÍA**  
**SUBDIRECCION DE POSGRADO**



**“Ritmos circadianos en los límites de la capacidad atencional”**

**TESIS**

**Que para obtener el grado de**  
**Maestría en Ciencias con Orientación en Cognición y Educación**

**Presenta:**  
**Carlos Alberto Gallegos Ortiz**

Monterrey, N. L., México, mayo de 2018

Universidad Autónoma De Nuevo León Facultad De Psicología  
Subdirección De Posgrado  
Maestría En Ciencias Con Orientación En Cognición Y Educación

La presente tesis titulada “Ritmos circadianos en los límites de la capacidad atencional” presentada por Carlos Alberto Gallegos Ortiz ha sido aprobada por el comité de tesis.

---

Director de tesis  
Dr. Pablo Valdez Ramírez

---

Co- directora  
Dra. Carolina Virginia Macêdo De Azevedo

---

Revisor  
Dr. Víctor Manuel Padilla Montemayor

## **Dedicatoria**

*Para Martín Gallegos, Maricela Ortiz,  
José Luis, Fabiola y Montserrat*

*“Voy a guardar intacto  
el recuerdo de este instante  
porque todo lo que existe ahora mismo  
nunca volverá a ser igual”*

**José Emilio Pacheco**

## **Agradecimientos**

- A los participantes, por su interés en la investigación y su valioso esfuerzo para cumplir las requisiciones en cada una de las etapas del estudio, especialmente en las sesiones de registros.
- A los colaboradores del Laboratorio de Psicofisiología, por su incansable apoyo en cada momento de este proyecto, desde la planeación hasta el análisis de resultados. Especialmente a Candelaria Ramírez, Aída García y Jorge Borrani.
- A mi asesor, el Dr. Pablo Valdez, por transmitirme siempre con gran entusiasmo la disciplina necesaria para hacer investigación. Gracias por la enseñanza.
- A mis revisores, la Dra. Carolina Acevedo y el Dr. Víctor Padilla, por sus valiosos comentarios y sugerencias para el desarrollo de esta tesis.
- A las profesoras: Concepción Rodríguez, Julymar Alegre, Martha Patricia Sánchez y Xóchitl Ortiz, por su apoyo a lo largo de este trayecto.
- A mis compañeros de la comunidad de aprendizaje de posgrado, por discutir este proyecto conmigo desde el comienzo.
- A Mariel Mancilla y Pablo Grimaldo, por siempre mostrar su ánimo y su apoyo en situaciones relacionadas con este proyecto.
- A mi familia, por su apoyo incondicional en todo momento.
- Al director de la Facultad de Psicología, el Dr. Álvaro Aguillón Ramírez.

## Índice

Resumen .....	8
Abstract.....	9
CAPÍTULO I. Introducción .....	10
Objetivo general.....	15
Hipótesis .....	16
CAPÍTULO II. Marco teórico .....	17
Ritmos biológicos.....	18
Ritmos circadianos.....	22
Atención.....	34
Límite atencional.....	36
CAPÍTULO III. Método .....	46
Registro control.....	47
Registro experimental.....	48
Características generales de los registros control y experimental .....	50
Análisis de datos.....	60
CAPÍTULO IV. Resultados.....	63
Registro Control.....	63
Discusión del registro control.....	70
Conclusiones del registro control.....	71
Registro experimental.....	72
Discusión registro experimental.....	87
Conclusiones registro experimental.....	88
CAPÍTULO V. Discusión general .....	89
Conclusiones .....	99
Referencias.....	100
Apéndices .....	113

## Índice de Figuras

Figura 1. Características de una onda sinusoidal.....	21
Figura 2. Clasificación de los ritmos biológicos de acuerdo con su frecuencia.....	21
Figura 3. Sistema circadiano de los mamíferos .....	29
Figura 4. Modelo de cuello de botella. ....	37
Figura 5. Tarea de Presentación Visual Serial Rápida.....	39
Figura 6. Función típica del parpadeo atencional.....	39
Figura 7. Tarea de Presentación Visual Serial Rápida utilizada en este experimento .....	54
Figura 8. Sucesión temporal en una secuencia de la tarea de PVSR .....	55
Figura 9. Protocolos de los registros control y experimental. ....	59
Figura 10. Condiciones de registro .....	59
Figura 11. Promedios grupales de la somnolencia y el cansancio del registro control .....	66
Figura 12. Ejecución en los primeros 12 registros de la tarea de PVSR en el registro control.....	68
Figura 13. Ejecución en los últimos 12 registros de la tarea de PVSR en el registro control.....	69
Figura 14. Parpadeo atencional en el registro control .....	70
Figura 15. Temperatura rectal de los 18 participantes del registro experimental.....	74
Figura 16. Promedios grupales de la somnolencia y el cansancio del registro experimental. ....	77
Figura 17. Ejecución en los primeros 16 registros de la tarea de PVSR en el registro experimental.....	82
Figura 18. Ejecución en los últimos 13 registros de la tarea de PVSR en el registro experimental.....	83
Figura 19. Parpadeo atencional en el registro experimental. ....	84

## Índice de Tablas

Tabla 1. Datos generales de los participantes del registro control .....	64
Tabla 2. Promedios de horas de inicio, término y duración del dormir de los participantes del registro control .....	65
Tabla 3. Datos generales de los participantes del registro experimental.....	73
Tabla 4. Acrofases de la temperatura rectal del grupo experimental obtenida por el análisis Cosinor. ....	75
Tabla 5. Promedios de horas de inicio, término y duración del dormir de los participantes del registro experimental.....	76
Tabla 6. Acrofases de la somnolencia del grupo experimental obtenida por el análisis Cosinor .....	78
Tabla 7. Acrofases del cansancio del grupo experimental obtenida por el análisis Cosinor .....	79
Tabla 8. Acrofases de la ejecución en el intervalo de parpadeo atencional del grupo experimental obtenida por el análisis Cosinor.....	85
Tabla 9. Análisis estadístico de la temperatura rectal, la somnolencia, el cansancio y las respuestas a la tarea de PVSR durante las sesiones del registro experimental.	86

## Resumen

Se han demostrado variaciones circadianas en los procesos cognoscitivos básicos implicados en la ejecución de cualquier actividad. Se ha propuesto que las variaciones circadianas en la atención influyen en las variaciones de los procesos más complejos. Existen características de la atención en las cuales no se han encontrado variaciones circadianas. Una de estas características corresponde a la capacidad limitada del mecanismo de filtro de la atención. Los indicadores para medir el límite atencional evalúan el desempeño en el procesamiento simultáneo de información. Hasta ahora, no se ha comprobado que la ejecución en el límite atencional presente variaciones circadianas. El objetivo del presente trabajo es determinar la posible existencia de variaciones circadianas en el límite atencional. Treinta y cinco estudiantes de licenciatura participaron de forma voluntaria en esta investigación, 17 en el registro control (11 mujeres y 6 hombres,  $18.65 \pm 2.21$  años) y 18 en el registro experimental (7 mujeres y 11 hombres,  $18.06 \pm 1.16$  años). El registro control se llevó a cabo en tres sesiones de 8 horas (entre las 11:00 y 20:00 h), con el propósito de analizar el efecto de práctica en la tarea de límite atencional. El registro experimental se realizó con la finalidad de analizar los ritmos circadianos. Fue llevado a cabo en un protocolo de rutina constante, durante 29 horas continuas y se registró la temperatura rectal de los participantes cada minuto. Cada hora, se registró en ambos grupos la sensación de somnolencia y cansancio, además de una tarea de parpadeo atencional (índice del límite atencional). La ejecución en el límite atencional presentó variaciones circadianas con un desempeño más alto alrededor de las 18:00 h. Además, se encontró un retraso de fase de dos horas, del ritmo en el límite atencional con respecto a la fase del ritmo en la temperatura rectal. El conocimiento de las variaciones en el límite de la atención tiene implicaciones teóricas en el funcionamiento del sistema temporal circadiano, así como implicaciones prácticas al cuestionar los hábitos actuales de la sociedad para trabajar y descansar.

Palabras claves: *ritmos circadianos, cronobiología, atención, límite atencional*



## Abstract

Circadian variations have been demonstrated in the cognitive processes involved in the performance of any task. It has been proposed that circadian variations in attention influence the variations of more complex processes. There are characteristics of attention in which circadian variations has not been proved. One of these characteristics is the limited capacity of the filter mechanism of attention. Indicators of the limits of attention assess the performance in the simultaneous processing of information. It has not been demonstrated that the limits of attention follow circadian variations. The aim of the present work is to determine the possible existence of circadian variations in the limits of attention. Thirty-five undergraduate students participated voluntarily in this research, 17 conformed the control condition (11 females and 6 males,  $18.65 \pm 2.21$  years old) and 18 were in the experimental condition (7 females and 11 males,  $18.06 \pm 1.16$  years old). The control condition was recorded in three sessions of 8 hours (between 11:00 and 20:00 h), with the purpose of analyzing the effect of practice in the attentional limit task, whereas the experimental condition had the aim to analyze circadian rhythms. It consisted in continuously recording sessions for 29 hours, in a constant routine protocol. Every hour, both groups reported their sensation of sleepiness and tiredness, also they responded to an attentional blink task (attentional limit index). Performance in the attentional limit showed circadian variations with a better performance near 18:00 h. Also, a phase delay of two hours in the attentional limit oscillation with respect to the rectal temperature cycle was found. The existence of circadian variations in the limits of attention provide theoretical implications in the understanding of the circadian timing system but also have practical implications in questioning social habits in work and rest schedules.

Keywords: *circadian rhythms, chronobiology, attention, attentional limit*

## CAPÍTULO I. Introducción

Toda forma de materia interactúa de forma continua con el espacio y con el tiempo. En la Tierra, por ejemplo, esta interacción se refleja en los movimientos de rotación y traslación, que generan el día y la noche, y las estaciones del año respectivamente. Los seres vivos se han adaptado a estos cambios cíclicos en el ambiente por medio del desarrollo de un mecanismo que puede medir el tiempo y sincronizar al organismo con los ciclos ambientales.

Se ha propuesto la existencia de mecanismos de respuesta al tiempo, que regulan la aparición periódica de muchas funciones vitales para la supervivencia, como el ciclo menstrual, el ciclo de vigilia-sueño, la segregación de hormonas, la hibernación o la migración. Dos teorías han explicado el origen de estas respuestas (Valdez, 2015). Por una parte, la *teoría exógena*, propone una influencia inmediata en el organismo ante los cambios en el ambiente. De acuerdo con esta teoría, un organismo experimentaría cambios inmediatos al ser expuesto a una estimulación ambiental distinta a la que se encuentra naturalmente.

Sin embargo, se ha demostrado que esta respuesta no ocurre de inmediato, sino que ocurre de forma gradual, sugiriendo que las respuestas no son completamente dependientes de las condiciones ambientales. Por otro lado, existe una teoría con más aceptación y que es fundamental para el desarrollo de esta tesis, la *teoría endógena*, la cual postula que la respuesta se origina

dentro del organismo, y constituye una capacidad innata para producir y mantener la temporalidad en sus funciones vitales. La teoría endógena implica la existencia de un sistema circadiano interno que mide el tiempo, por lo que actúa como reloj biológico y se encarga de producir las variaciones en la respuesta de los organismos a lo largo del día. Estas respuestas cíclicas son conocidas como ritmos biológicos y son estudiados por una disciplina conocida como *Cronobiología*. En la actualidad existe una amplia evidencia de las variaciones cíclicas de las funciones fisiológicas y neuropsicológicas del ser humano (Palmer, 1976; Moore-Ede, Sulzman y Fuller, 1982; García, Ramírez y Valdez, 2015).

Otra característica principal de los ritmos biológicos es que siguen periodos definidos, lo que permite clasificarlos de acuerdo con su frecuencia en *ritmos ultradianos*, con un periodo menor a 20 horas; *ritmos circadianos*, con un periodo entre 20 y 28 horas; y *ritmos infradianos*, cuyo periodo es mayor a 28 horas (Halberg, 1969). El ritmo biológico más estudiado, es el circadiano, y es el ritmo específico que se aborda en este trabajo.

En el ser humano, se han encontrado variaciones circadianas en funciones fisiológicas como la temperatura corporal, el ciclo de vigilia-sueño, la secreción de hormonas, e incluso en la actividad cerebral (Palmer, 1976; Cajochen, Khalsa, Wyatt, Czeisler y Dijk, 1999; Moore-Ede, Sulzman y Fuller, 1982). Además, se han encontrado ritmos circadianos en la ejecución de tareas motoras e intelectuales (Carrier y Monk, 2000). En estos estudios, se ha

descrito que las personas tienen un mejor desempeño por la tarde y un desempeño más bajo en la madrugada o en las primeras horas de la mañana. En este trabajo, se consideran dos posibles teorías sobre el origen de las variaciones circadianas en la ejecución humana (Valdez, 2015).

La primera de ellas propone que las variaciones circadianas en la ejecución son un reflejo de las variaciones circadianas en el metabolismo. Esta teoría será referida como *teoría unifactorial* y postula la existencia de una correlación entre variables fisiológicas, como la temperatura corporal y la ejecución de muchas actividades motoras e intelectuales.

Por otro lado, existe otra teoría que es fundamental para el desarrollo de este trabajo, la *teoría bifactorial*. Esta teoría fue propuesta inicialmente por Borbély (1982), en la que propone que existen dos factores implicados en la regulación del sueño. Por un lado, el proceso homeostático regula la probabilidad para dormir en función del tiempo previo en vigilia. Por otra parte, el segundo proceso es el ritmo circadiano, que regula la propensión a dormir en función de las oscilaciones del sistema circadiano. En esta teoría, la intensidad y la duración del sueño dependen tanto del tiempo previo en vigilia (entre más tiempo, mayor propensión a dormir), como de la fase del ritmo circadiano de la temperatura corporal (con una mayor disposición a dormir en el punto más bajo del ritmo de temperatura corporal, cerca de las 04:00 h). De acuerdo con la teoría bifactorial, se ha propuesto que de la misma forma que ocurre con el

sueño, los procesos homeostático y circadiano también interactúan en la regulación del nivel de alerta y en la ejecución (Carrier y Monk, 2000).

Se ha propuesto que las variaciones circadianas en la ejecución son el reflejo de variaciones circadianas en estructuras específicas del cerebro, por lo que algunos estudios han propuesto evaluar de forma aislada los componentes de las funciones neuropsicológicas que intervienen en la ejecución de cualquier tarea. Estas funciones son la atención, la memoria de trabajo y las funciones ejecutivas (Valdez, 2005). Se han encontrado variaciones circadianas en cada una de estas funciones (Folkard y Monk, 1980; Valdez, Ramírez y García, Armijo y Borrani, 2005; Ramírez, Talamantes, García, Morales, Valdez y Menna-Barreto, 2006; Valdez, Ramírez, García, Talamantes y Cortez 2010; García, Ramírez, González y Valdez, 2012).

Específicamente, la atención puede abordarse como una capacidad limitada por restricciones en factores como la velocidad de procesamiento o las características espacio-temporales del estímulo (Cohen, 1993). Es importante analizar la posible existencia de variaciones circadianas en el límite de la capacidad atencional. Anteriormente, sólo un estudio ha utilizado un indicador del límite atencional en el estudio de ritmos circadianos (Bratzke, Rolke, y Ulrich, 2007). En este estudio, se utilizó como indicador el *Periodo Refractario Psicológico* (PRP) (Telford, 1931), el cual consiste en un retraso en la velocidad para responder a un segundo estímulo cuando se requiere atender

a dos o más estímulos, de forma que el procesamiento del segundo estímulo es aplazado hasta que finaliza el procesamiento del primero.

En el estudio de Bratzke, Rolke, y Ulrich (2007), la ejecución en la tarea de PRP se mantuvo constante a lo largo de los registros y sólo la velocidad de reacción presentó variaciones a lo largo del día, lo que únicamente verifica las variaciones circadianas en la velocidad de reacción, pero no demuestra que se presenten variaciones circadianas en la eficiencia de procesamiento en el límite atencional.

Este trabajo propone que puede utilizarse un indicador diferente para analizar la posible existencia de variaciones circadianas en el límite atencional. Esta posibilidad puede probarse evaluando el límite atencional en diferentes momentos del día en un protocolo en el que se controlen las variables que pudieran enmascarar el registro de los ritmos circadianos. Una variable importante al registrar repetidamente los procesos cognoscitivos es considerar la curva de aprendizaje en la tarea utilizada.

En este estudio se propone el parpadeo atencional (Raymond, Shapiro y Arnell, 1992), como indicador del límite atencional, debido a que se ha reportado que es un fenómeno que puede mejorar con el aprendizaje, pero que no puede eliminarse (Choi, Chang, Shibata, Sasaki y Watanabe, 2012; Enns, Kealong, Tichon y Visser, 2017). Por lo tanto, es posible entrenar a los participantes en una tarea de parpadeo atencional antes del registro, hasta que su eficiencia se estabilice luego del aprendizaje de la tarea, y

posteriormente registrarlos en repetidas ocasiones para analizar la posible existencia de variaciones circadianas en el límite atencional. Si las variaciones en el límite atencional son afectadas por el factor circadiano, el parpadeo atencional presentará variaciones relacionadas con las variaciones en la temperatura rectal (teoría unifactorial). Además, si las variaciones en el parpadeo atencional son afectadas por el factor homeostático, sus variaciones se relacionarán con los niveles de somnolencia y cansancio (teoría bifactorial). De esta forma, este planteamiento puede resumirse en la siguiente pregunta: ¿Presenta el parpadeo atencional variaciones relacionadas con el proceso homeostático, con el proceso circadiano o con ambos?

### **Objetivo general**

El presente estudio pretende determinar la posible existencia de variaciones circadianas en el límite de la capacidad atencional, basado en el modelo neuropsicológico del límite atencional y específicamente usando como indicador el parpadeo atencional.

De encontrarse variaciones circadianas en el límite atencional, será posible determinar:

- La fase del ritmo circadiano en el límite atencional, es decir, será posible conocer la intensidad de la variable a lo largo del día, así como los momentos del día en que tiene una mayor y una menor eficiencia.
- La relación de fase del ritmo circadiano del límite atencional con el ritmo circadiano en la temperatura corporal, con lo que podrá conocerse si estas variaciones son dependientes o independientes de las variaciones en el metabolismo.
- La relación de fase del ritmo circadiano en el límite atencional con el ciclo de vigilia-sueño, con lo que podrá observarse si las variaciones en el límite atencional se relacionan con los factores circadiano y homeostático implicados en el sueño.

## **Hipótesis**

La ejecución en el intervalo de límite atencional presentará variaciones homeostáticas y circadianas. Se espera que exista una relación entre la fase del ritmo circadiano del límite atencional y la fase del ritmo circadiano de la temperatura rectal.



## **CAPÍTULO II. Marco teórico**

### *Antecedentes en la concepción del tiempo*

Cerca del año 300 a.C., en la antigua Grecia, Aristóteles concebía que la humanidad siempre había existido y que existiría por siempre. Pensamientos como éste eran reflejo de la noción de que la Tierra permanecía inmóvil y era el centro en un universo con límites en donde todo se mantenía girando a su alrededor. Esta idea del tiempo infinito comenzó a perder credibilidad ante hallazgos como el de Nicolás Copérnico en 1514, quien expresó por primera vez la posibilidad de que la Tierra no era el centro del universo, sino que giraba sobre su propio eje y en órbita circular alrededor del Sol. Otro hallazgo importante fue propuesto en 1687 por Isaac Newton, quien cuestionó un espacio finito sugiriendo la posibilidad de un universo no solamente en continuo movimiento sino en una continua expansión en un espacio infinito. Hoy es ampliamente aceptada la teoría de que el universo estuvo junto en una forma infinitamente diminuta en un tiempo llamado Big Bang (propuesta alrededor de 1930), de manera que, si existió un tiempo antes de esto, no tiene influencia para el movimiento en nuestro universo (Hawking, 1992).

Como resultado de este suceso, nuestro planeta gira tanto sobre su propio eje como alrededor del Sol. Estos movimientos conocidos como rotación y traslación generan el día y la noche, con un período de 24 horas, y las estaciones del año con un período de un año. Prácticamente todos los seres

vivos han desarrollado mecanismos de adaptación que les permiten responder con anticipación a los cambios cíclicos generados por los movimientos del planeta.

A lo largo de su existencia, el hombre ha aprendido sobre la importancia del tiempo, aplicándolo en comportamientos complejos que promueven su supervivencia, como la caza, la agricultura y la reproducción. Sin embargo, el conocimiento sobre el funcionamiento de estos mecanismos de respuesta al tiempo es un campo de estudio reciente en la ciencia. Este campo de estudio es conocido como *Cronobiología*, y su inicio formal se estableció con la realización del Simposio de Cronobiología en Cold Spring en 1960 en el cual se revisaron y se publicaron los principales descubrimientos hasta ese momento sobre la organización de los ritmos circadianos en los seres vivos.

### **Ritmos biológicos**

Los seres vivos han enfrentado diferentes formas de cambios temporales que han requerido el desarrollo de respuestas específicas. Los cambios en el ambiente y la respuesta del organismo pueden describirse en las siguientes interacciones (Valdez, 2015):

1. Los cambios temporales pueden ser independientes de los cambios en el funcionamiento de algunos organismos, por lo que estos no necesitan desarrollar respuestas al tiempo.

2. Pueden ocurrir cambios en un periodo breve que provocan una respuesta específica y de corta duración en el organismo.
3. Existen cambios sucesivos, que inciden en el desarrollo de cada organismo a lo largo de su vida
4. Existen cambios cíclicos que son provocados por los movimientos de rotación y traslación de la Tierra, que requieren de igual forma respuestas cíclicas, que pueden ser moduladas por estímulos externos o bien, pueden ser generadas por el organismo. Esta última forma de respuesta permite a los organismos anticiparse a los cambios cíclicos.

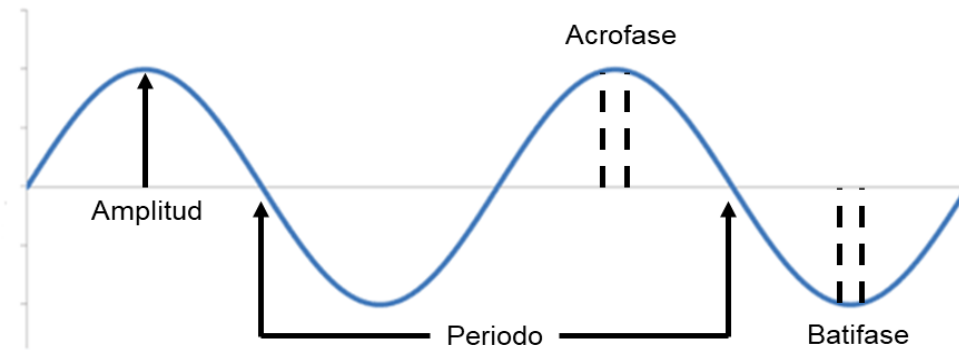
Estas respuestas del organismo se conocen como *ritmos biológicos*.

Los ritmos biológicos fueron descritos por primera vez en 1729 por Jean Jacques d'Ortous de Mairan (Moore-Ede, Sulzman y Fuller, 1982), quien registró los movimientos de las hojas de una planta sensitiva. Esta planta extiende sus hojas durante el día y las pliega durante la noche. Al colocar la planta en un lugar oscuro donde no recibía la luz del sol, sus hojas siguieron extendiéndose durante el día y plegándose durante la noche, demostrando que existen oscilaciones en el movimiento de las hojas, que ocurren a pesar de que la planta ya no está expuesta al ciclo ambiental de luz y oscuridad. Los resultados de este experimento fueron cruciales para demostrar que las oscilaciones en la fisiología y en la actividad del organismo son generadas por él mismo a través de un mecanismo de medición del tiempo.

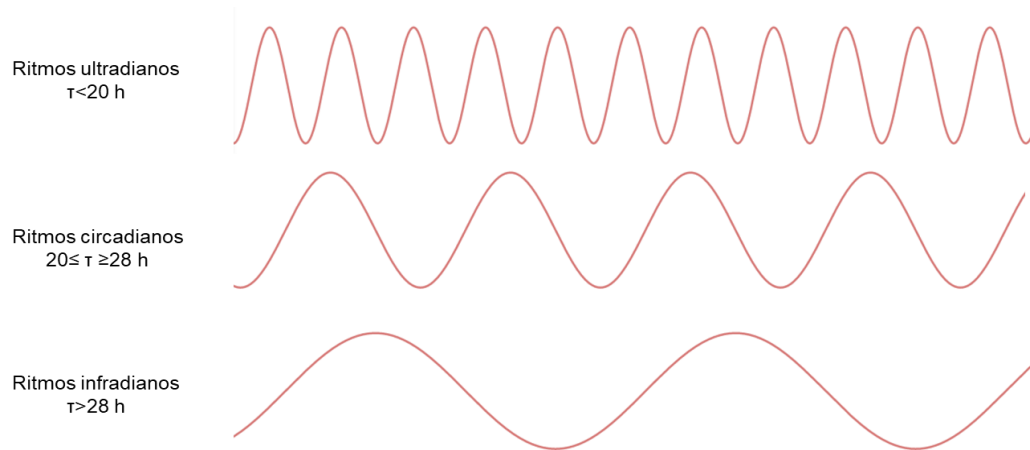
El hecho de que existan oscilaciones en la fisiología de los organismos implica que estas pueden representarse gráficamente como una onda sinusoidal, la cual tiene las siguientes características (Valdez, 2015) (Figura 1): la amplitud, corresponde a la cantidad máxima de una determinada variable con respecto al promedio. Por ejemplo, en la corriente alterna, la amplitud representa el valor máximo de voltaje (valor pico) respecto al valor promedio de voltaje del ciclo. El periodo (T), es el tiempo que transcurre entre el inicio y el fin de un ciclo. La frecuencia es el número de ciclos por unidad de tiempo. En el ejemplo de la corriente alterna, la frecuencia puede medirse en ciclos por segundos (cps). Por último, la fase se refiere a un momento específico del ciclo respecto al tiempo externo.

De acuerdo con su frecuencia, los ritmos biológicos pueden clasificarse en ritmos ultradianos, circadianos e infradianos (Halberg, 1969). Los ritmos ultradianos tienen una frecuencia mayor a un ciclo por día, por ejemplo, la respiración tiene una frecuencia aproximada de 1 ciclo por cada 4 segundos. Asimismo, puede decirse que el periodo del ritmo de la respiración es de 4 segundos. Los ritmos circadianos, tienen una frecuencia cercana a un ciclo por día, un ejemplo de un ritmo que ocurre con un ciclo cada 24 horas es el ciclo de vigilia-sueño. Por último, los ritmos infradianos, tienen una frecuencia menor de un ciclo por día, como ocurre con la menstruación, cuyo periodo es de aproximadamente un mes (Figura 2).

Además, de acuerdo con la intensidad máxima y mínima de una variable, su fase puede clasificarse como acrofase, cuando la variable se encuentra en su intensidad máxima, o batifase, cuando se encuentra en su nivel mínimo.



**Figura 1.** Características de una onda sinusoidal. Tomada de Valdez, 2015.



**Figura 2.** Clasificación de los ritmos biológicos de acuerdo con su frecuencia. Tomada de Valdez, 2015.

## Ritmos circadianos

Los ritmos circadianos (del latín *circa*= cerca, *dies*= día) forman parte de un sistema endógeno que se encarga de medir el tiempo y sincronizar los procesos internos del organismo con los ciclos ambientales. El término fue utilizado por primera vez por Franz Halberg para describir ciclos de 24 horas generados por el organismo, sin embargo, se ha propuesto el término *sistema circadiano* en años recientes para modificar la noción de un sólo reloj biológico. (Golombek y Rosenstein, 2010; Dibner, Schibler, Albrecht, 2010).

Los ritmos circadianos han sido estudiados con más profundidad en el último siglo y se han encontrado en todo tipo de organismos. Se han planteado dos teorías que explican el origen de las variaciones circadianas (Valdez, 2015). La primera teoría se conoce como teoría exógena, y considera que los organismos reaccionan de forma pasiva a los cambios cíclicos en el ambiente. Por el contrario, la segunda teoría, conocida como teoría endógena, postula que, los organismos reaccionan de forma activa, anticipándose a los cambios en el ambiente, produciendo y modulando los ritmos circadianos. Esta capacidad implica la existencia de un sistema interno e innato que mide el tiempo y genera respuestas a él.

Existe evidencia bioquímica, anatómica, fisiológica y genética a favor de la teoría endógena de los ritmos circadianos. Primero, en el aspecto bioquímico, la temperatura corporal tiene una relación directa con la velocidad en que ocurren las reacciones químicas en el organismo. Sin embargo, las variaciones

en la temperatura no afectan la precisión en la medición del tiempo, algo contradictorio a la existencia de un sustrato bioquímico en los ritmos circadianos. A pesar de esto, existe evidencia de que algunas sustancias químicas como el alcohol, el litio y el óxido de deuterio, pueden afectar los ritmos circadianos (Valdez, 2015).

Segundo, en el aspecto anatómico y fisiológico, se han realizado tres pruebas cruciales en la localización de una estructura que funcione como un reloj. La primera prueba es la *eliminación del ritmo*, producto de una lesión de la glándula pineal en aves y reptiles, y del núcleo supraquiasmático (NSQ) del hipotálamo en mamíferos (Binkley, 1983; Stephan y Zucker, 1972). La segunda prueba se conoce como *oscilaciones in vitro*, y se refiere a la persistencia del ritmo circadiano en células que se mantienen vivas fuera del organismo (Green y Gillette, 1982). Finalmente, la tercera prueba es el *trasplante del ritmo*, en la cual, una estructura anatómica conserva su ritmo circadiano cuando se ha trasplantado en otro organismo (Drucker-Colín, Aguilar-Roblero, García-Hernández, Fernández-Cancino y Rattoni, 1984; Ralph, 1996).

Respecto a las evidencias en estudios de genética, se han encontrado genes que son indispensables en la producción de los ritmos circadianos. En los mamíferos se ha encontrado que los genes Clock, Bmal1, Per y Cry forman parte de un mecanismo que genera y regula los ritmos circadianos (Golombek y Rosenstein, 2010).

### *El sistema temporal circadiano de los mamíferos*

El concepto de sistema temporal circadiano modifica la concepción de que un solo oscilador (NSQ) produce los ritmos circadianos. Actualmente, el NSQ es considerado como el oscilador central del sistema circadiano. Además, existen osciladores periféricos en las células de la mayoría de los órganos (Bell-Pedersen, et al., 2005; Dibner, Schibler y Albrecht, 2010). El NSQ se sincroniza con el tiempo del exterior a través del procesamiento de la estimulación luminosa ambiental. Las neuronas del NSQ a su vez, transmiten la señal a diferentes órganos del cuerpo por medio de la segregación de hormonas y de actividad neuronal que modula la sensibilidad de algunos órganos como el riñón, que reciben estas hormonas.

El oscilador central (el NSQ) recibe la estimulación fótica (ciclo de iluminación en el ambiente) en las células ganglionares de la retina y transmite la señal al NSQ a través del tracto retino-hipotalámico (TRH). Además, existen dos vías aferentes más, el tracto geniculo-hipotalámico (TGH) y la entrada serotoninérgica (5HT) desde los núcleos de rafé dorsales y mediales (NRD y NRM). Estas últimas vías procesan los estímulos no fóticos (ciclos de actividad y alimentación). Las proyecciones del NSQ, el oscilador central, se dirigen hacia diferentes estructuras, llamadas vías eferentes o vías de salida. Las principales vías de salida se encuentran en el hipotálamo (por ejemplo, en el área preóptica, el núcleo paraventricular del hipotálamo y la zona subparaventricular), en el tálamo (por ejemplo, en el núcleo paraventricular del



tálamo, la hojuela intergeniculada y la habénula), y en la amígdala (Dibner, Schibler y Albretch, 2010). Las vías eferentes de las neuronas del NSQ constituyen al mismo tiempo vías de entrada para los osciladores en las células de los tejidos de la mayoría de los órganos.

En el tejido de los órganos, los osciladores periféricos regulan la expresión e inhibición de algunos genes a lo largo del día. Estos genes son conocidos como genes reloj y actúan como un sistema de retroalimentación negativa en el que elementos positivos (genes Clock y Bmal1) activan elementos negativos (genes Per y Cry) que inhiben los elementos positivos. Gradualmente esta inhibición se desvanece dando lugar a un nuevo ciclo. Las oscilaciones de estas células afectan a su vez el funcionamiento de las estructuras involucradas en la sincronización del oscilador central, por lo tanto, los dos tipos de osciladores ejercen influencia entre sí.

Dentro de este sistema, los ritmos circadianos constituyen una manifestación del funcionamiento de diferentes elementos del organismo. Dichos elementos mantienen ritmos circadianos independientes, pero coordinados, manteniendo una organización temporal interna.

### *Características de los ritmos circadianos*

Una de las principales características del ritmo circadiano es que su periodo se modifica cuando un organismo permanece en condiciones constantes. Esta característica fue descrita por Agustín de Candolle en 1832. En su experimento, colocó una planta sensitiva en condiciones de oscuridad y temperatura constantes, y comprobó que la planta no sólo mantuvo el ritmo circadiano en el movimiento de sus hojas, sino que también, éstas se extendieron cada día más temprano, produciendo ciclos con periodos de entre 22 y 23 horas. Por el contrario, cuando un organismo se encuentra sincronizado con las señales ambientales, los ritmos circadianos adoptan un periodo estable de 24 horas (Moore-Ede, Sulzman y Fuller, 1982).

Otra característica de los ritmos circadianos es que su periodo es estable. Esto significa que a pesar de que existen diferencias entre individuos, las fluctuaciones en un mismo organismo son estables. Por ejemplo, en una persona cuyo registro de temperatura corporal tiene su punto más alto a las 16:00 h, el incremento en esta variable ocurrirá a la misma hora todos los días.

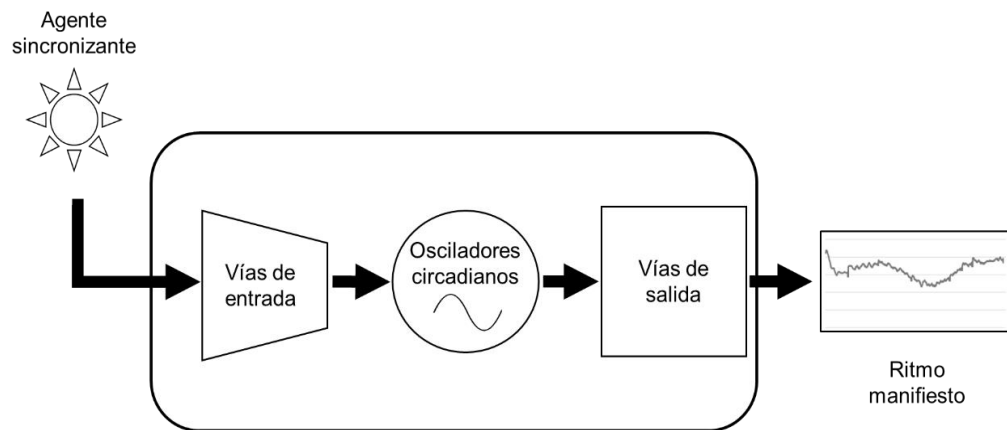
### *Sincronización de los ritmos circadianos*

El sistema temporal circadiano se sincroniza con el ambiente por medio de las señales cíclicas en este último. Estas señales se conocen como *agentes sincronizantes* o *Zeitgebers*, y pueden sincronizar los ritmos circadianos a periodos entre 20 y 28 horas, intervalo conocido como *rango de entrenamiento*. Por otro lado, cuando el Zeitgeber tiene un periodo menor a 20 horas o mayor a 28, los ritmos circadianos no se sincronizan con él, por lo que adoptan un ritmo de libre curso (Moore-Ede, Sulzman y Fuller, 1982; Valdez, 2015).

Además de mantener una relación temporal con los agentes sincronizantes, los ritmos circadianos del organismo mantienen una relación de fase, lo cual significa que los ritmos circadianos de diferentes variables fisiológicas como la temperatura corporal, la actividad del metabolismo, la secreción de hormonas como el cortisol, la adrenalina y la melatonina, así como el funcionamiento de órganos como los riñones, los pulmones y el corazón ocurren en una secuencia y con un intervalo estable entre ellas (Valdez, 2015). Esta organización secuencial y con relaciones de fase estables entre los ritmos circadianos se conoce como *organización temporal interna* (Moore-Ede, Schmelzer, Kass, Herd, 1976).

Existen diferencias individuales en la organización temporal interna que se manifiestan en preferencias para planear actividades y descansos en diferentes momentos del día. Por ejemplo, las personas madrugadoras o “*alondras*”, prefieren levantarse temprano por la mañana, suelen mantenerse activas durante el mediodía y la tarde, luego se acuestan en las primeras horas de la noche. Por otra parte, las personas traspasadoras o “*búhos*”, suelen tener una preferencia por dormir por la mañana, y realizar actividades en la tarde o en la noche, durmiendo después de la media noche. Las personas que no se inclinan por una tendencia específica son considerados como intermedios (Horne y Ostberg, 1976).

Además de la influencia de los agentes sincronizantes, la organización temporal de los ritmos circadianos es afectada por la estimulación luminosa artificial, la cual permite que muchas actividades puedan realizarse durante la noche, alterando los ciclos naturales de actividad y descanso. Asimismo, el creciente uso de *luz emitida por diodos (LED)* en dispositivos como televisores, computadoras, tabletas y teléfonos celulares también tiene una influencia sobre los ritmos circadianos debido a que la luz blanca emitida por estos aparatos está compuesta en parte por luz azul y luz verde, ante las cuales las células ganglionares de la retina (vías de entrada del sistema circadiano) son más sensibles. Por lo tanto, la estimulación luminosa emitida por estos dispositivos durante la noche estimula al NSQ promoviendo la alerta y retrasando el inicio del dormir (Czeisler, 2013).



**Figura 3.** Sistema temporal circadiano de los mamíferos. La información sobre los agentes sincronizantes ingresa por las vías de entrada. Luego, los osciladores circadianos producen una respuesta que se transmite a las vías de salida. Modificada de Valdez, 2015.

### *Métodos de registro de los ritmos circadianos*

En los estudios de ritmos circadianos es fundamental considerar el momento del día de las mediciones de variables, así como realizar registros en diversas horas del día para que el registro sea más confiable. En el registro de los ritmos circadianos en variables psicológicas y fisiológicas se han utilizado tres métodos diferentes (Valdez, 2015). El primero de ellos implica *mediciones en distintos momentos del día*, es decir, registrar a los participantes dos o más veces durante el día sin interrumpir su ciclo de vigilia-sueño. Al no registrar las horas de la noche, este método no es la mejor opción para la estimación de ritmos circadianos.

Otro método de registro es conocido como *rutina constante* (Duffy y Dijk, 2002), y consiste en el registro de una variable fisiológica en intervalos fijos por al menos 24 horas. Durante este protocolo las condiciones que pueden

enmascarar las variaciones circadianas son controladas, por lo que condiciones externas como la temperatura ambiental y el consumo de calorías, y condiciones internas como la vigilia y la actividad motora permanecen constantes. Además, los participantes permanecen despiertos, lo que implica que se presenten somnolencia y cansancio que puedan afectar la ejecución (factor homeostático).

Finalmente, el tercer método de registro es llamado *desincronización forzada* (Czeisler et al., 1999), e implica exponer a los participantes a un agente sincronizante fuera del rango de entrenamiento (menos de 20 horas o más de 28 horas). En estas condiciones, las variaciones reguladas por osciladores circadianos presentan un libre curso, que se disocia del ciclo de sueño-vigilia, el cual se ajusta al periodo al que el organismo fue expuesto, por lo tanto, este protocolo permite separar los efectos del factor circadiano de los del factor homeostático sobre una variable determinada.

Es importante mencionar un aspecto referente a cualquiera de estos registros, el uso de medidas repetidas. Especialmente en la medición del desempeño cognoscitivo, la eficiencia en las tareas puede presentar una curva de aprendizaje que puede enmascarar las variaciones circadianas. Para reducir este efecto, puede entrenarse a los participantes en una tarea hasta que logren un nivel estable de ejecución antes de ser registrados.

### *Ritmos circadianos en la ejecución*

La ejecución se refiere al desempeño en cualquier actividad. Se ha propuesto que las variaciones en la ejecución a lo largo del día están relacionadas con las variaciones circadianas en las funciones fisiológicas y neuropsicológicas (Valdez, 2015).

Aunque en la vida diaria, existe una creencia implícita de que las personas pueden responder eficientemente en cualquier momento, se ha demostrado que la ejecución varía a lo largo del día en actividades de destreza motora, en los tiempos de reacción y en la memoria. Generalmente, la ejecución tiende a ser más eficiente por la tarde y más deficiente por la madrugada (Carrier y Monk, 2000).

Se han propuesto tres tipos de teorías para explicar los ritmos circadianos en la ejecución (Valdez, 2015). La primera es la teoría unifactorial de Kleitman, que propone que las variaciones en la ejecución son una consecuencia directa de las variaciones circadianas en el metabolismo.

La segunda teoría referida como teoría bifactorial, se basa en los dos mecanismos que regulan el sueño (Borbély, 1982). El primer mecanismo corresponde a un Proceso S (homeostático), en el que la probabilidad de dormir depende del tiempo que una persona permanece en vigilia durante el día. Dicho proceso regula principalmente el sueño de ondas lentas. El segundo mecanismo es un Proceso C (circadiano), en el cual la probabilidad de dormir

es influida por las variaciones cíclicas del organismo en el día en funciones que determinan los ciclos de actividad-descanso. Este proceso afecta principalmente el sueño de *Movimientos Oculares Rápidos (MOR)*.

Se ha propuesto que ambos procesos actúan en conjunto en la regulación del sueño, influyendo tanto en el oscilador central como en los osciladores periféricos del sistema temporal circadiano. En el NSQ (oscilador central), existe una mayor actividad durante la vigilia y el sueño MOR, mientras que su actividad es baja durante el sueño de ondas lentas. Por otro lado, la expresión de genes en el cerebro, específicamente en la corteza cerebral (osciladores periféricos), depende tanto de la hora del día como del historial de tiempo en vigilia (Borbély, 2016). Además de regular el sueño, se ha propuesto que los factores homeostático y circadiano influyen de igual forma en el nivel de alerta y en la ejecución (Carrier y Monk, 2000).

Finalmente, las teorías trifactoriales consideran que además de los dos anteriores, existe una tercera influencia en estas variaciones. Se ha considerado que este factor puede ser el ritmo ultradiano en las fases del sueño o la *inercia de sueño*, que se refiere a un periodo inmediato al despertar durante el cual se presenta un alto nivel de somnolencia (Valdez, 2015). Sin embargo, el papel de estos posibles factores en la ejecución es mínimo comparado con el que ejercen los factores circadiano y homeostático. Por esta razón, para el desarrollo de este trabajo se consideran sólo los primeros dos factores.



### *Ritmos circadianos en los procesos cognoscitivos*

La existencia de ritmos circadianos en la actividad cerebral y en la ejecución han impulsado la investigación de las variaciones en los procesos cognoscitivos implicados en la ejecución. Se ha propuesto la evaluación aislada de los procesos psicológicos implicados, usando modelos neuropsicológicos que clasifican los procesos en distintos componentes. Los procesos psicológicos básicos sugeridos son la atención, la memoria de trabajo y las funciones ejecutivas (Cajochen, Khalsa, Wyatt, Czeisler y Dijk, 1999; Valdez, 2005). Se ha demostrado que estos tres procesos presentan variaciones circadianas en algunos de sus componentes (Valdez et al., 2005; Valdez et al., 2010; Ramírez et al., 2006; Valdez, 2005; García et al, 2012).

Específicamente en la investigación de los ritmos circadianos en la atención, se ha utilizado un modelo neuropsicológico que aborda a la atención como un proceso conformado por cuatro componentes (Posner y Rafal, 1987; Valdez, 2005). Los primeros dos componentes corresponden a un estado de alerta. El primero de ellos, llamado *alerta tónica* se refiere a la capacidad para responder en el momento a los acontecimientos que ocurren en el ambiente, mientras que el segundo, conocido como *alerta fásica*, se refiere a una alerta específica ante un cambio inminente en el ambiente, anunciado por un cambio previo. El tercer componente es el *selectivo*, en el cual se atiende una parte de la información mientras se ignora otra. Finalmente, el componente de la *atención sostenida* hace alusión a prolongar una respuesta eficiente en el tiempo.

Otra forma de comprender la atención es como un proceso unitario. La atención puede estudiarse como una capacidad limitada en la selección de información (Broadbent, 1957). Se han encontrado ritmos circadianos en los estudios que han incorporado el modelo de la atención compuesta (Valdez et al., 2005; Valdez et al., 2010), aunque no se han encontrado ritmos circadianos en la atención al evaluarse con el modelo del límite atencional (Btazke, Ulrich y Peters, 2007). Dado a que en este estudio se utiliza un modelo de límite atencional para determinar la existencia de posibles variaciones circadianas en la atención, enseguida se presentan algunos conceptos básicos de la atención de acuerdo con este modelo.

### **Atención**

La atención es un proceso cognoscitivo básico que se manifiesta en un estado de alerta continua que les permite a las personas enfocarse en una parte de los estímulos en el ambiente y a la vez ignorar estímulos irrelevantes, con la finalidad de generar una respuesta eficiente. Desde 1890, William James hizo una distinción de dos modalidades de atención: una controlada por el individuo y otra dirigida por estimulación externa (Cohen, 1993).

Ambas formas de atención difieren en lo que Posner (1980), llamó *orientación de la atención*, fenómeno que definió como la alineación de la atención con una fuente de información sensorial o con alguna representación ya almacenada en la memoria. Orientar la atención implica un proceso en forma de foco, similar al que ocurre en la visión. Este foco implica una mayor

probabilidad para procesar los estímulos cercanos y una menor probabilidad de procesar los estímulos lejanos a este foco, a menos que se produzca un cambio repentino en el estímulo, lo que generaría una redirección en la orientación de la atención. Posner también señaló que el hecho de que la atención sólo pueda enfocarse en una pequeña parte de los estímulos a los que estamos expuestos era reflejo de una capacidad limitada, tal y como sugieren las *teorías de filtro* (Broadbent, 1952; Cherry, 1953; Moray, 1959).

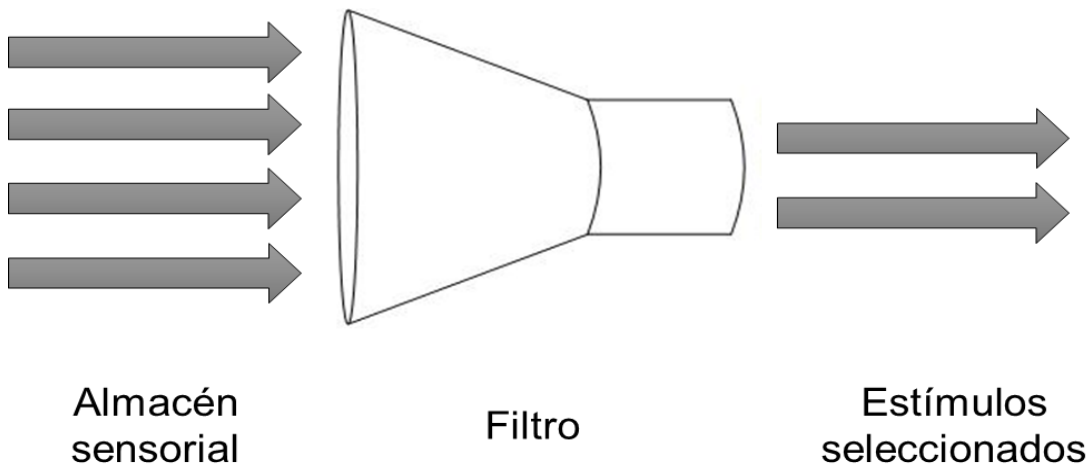
#### *Teorías de filtro en la selección de información*

En 1952, Broadbent demostró que el solo hecho de hablar y escuchar al mismo tiempo generaba distracciones que se reflejaban en respuestas deficientes cuando se le daban instrucciones verbales ininterrumpidas a un grupo de participantes. Los estímulos presentados en su experimento fueron instrucciones verbales sin pausas entre ellas, por lo que los participantes debían responder mientras tenían que seguir escuchando. Así, en su modelo de *cuello de botella* (Figura 4), concluyó que, ante más de dos estímulos, las personas enfocan sus recursos en un sólo estímulo, el cual tendrá acceso a niveles superiores de procesamiento al pasar por el filtro.

Este mecanismo opera en canales sensoriales en los cuales la selección depende de tanto las características del estímulo como de la información sobre el estímulo ya almacenada en la memoria. La transición entre estos dos mecanismos toma tiempo, por lo que la información subsecuente a este proceso se almacena de forma temporal en un estado previo a la selección

atencional. De esta forma, si el procesamiento inicial de la información demora, la información subsecuente puede perderse del almacén sensorial y no estar disponible para ser seleccionada (Broadbent, 1957).

En su modelo también sugirió que este mecanismo funciona debido a una economía de los recursos nerviosos. Esta capacidad limitada en el sistema nervioso ya había sido descrita (Gotch, 1910), e incluso fue comprobada en tareas de ejecución por Telford (1931), quien demostró que lo que llamó *respuestas voluntarias* eran gobernadas por un periodo refractario, tal y como ocurre con los músculos o la actividad cerebral.



**Figura 4.** Modelo de cuello de botella. Los estímulos ingresan por los canales sensoriales. Cuando un estímulo es procesado, se dificulta el procesamiento de otros estímulos presentados simultáneamente. Modificada de Broadbent, 1957.

### Límite atencional

El límite atencional se refiere a una capacidad restringida en la cantidad de estímulos que pueden ser atendidos en periodos cortos de tiempo (Cohen,

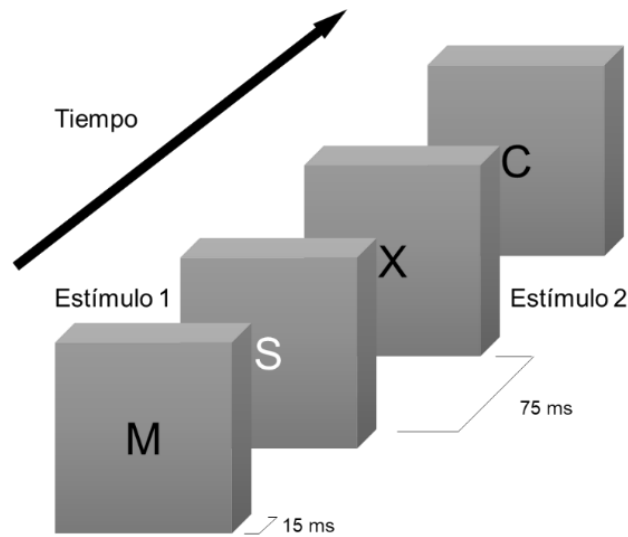
1993). Existen dos indicadores del límite atencional importantes para este trabajo. El primero está basado en la velocidad para reaccionar a cada estímulo, mientras que el segundo está basado en la eficiencia para seleccionar nuevos estímulos subsecuentes. El primer indicador puede conocerse usando tareas que midan el *Periodo Refractorio Psicológico (PRP)* (Pashler, 1994), este fenómeno se refiere a una deficiencia en el procesamiento de dos estímulos sucesivos que se refleja en el retardo para procesar el segundo estímulo debido a una superposición temporal con el procesamiento del primer estímulo. El segundo indicador utilizado para medir el límite atencional se conoce como *Parpadeo Atencional* (Raymond, Shapiro y Arnell, 1992). Dado a que en este trabajo se utilizó este indicador, se describe de forma detallada en la siguiente sección.

### *Parpadeo atencional*

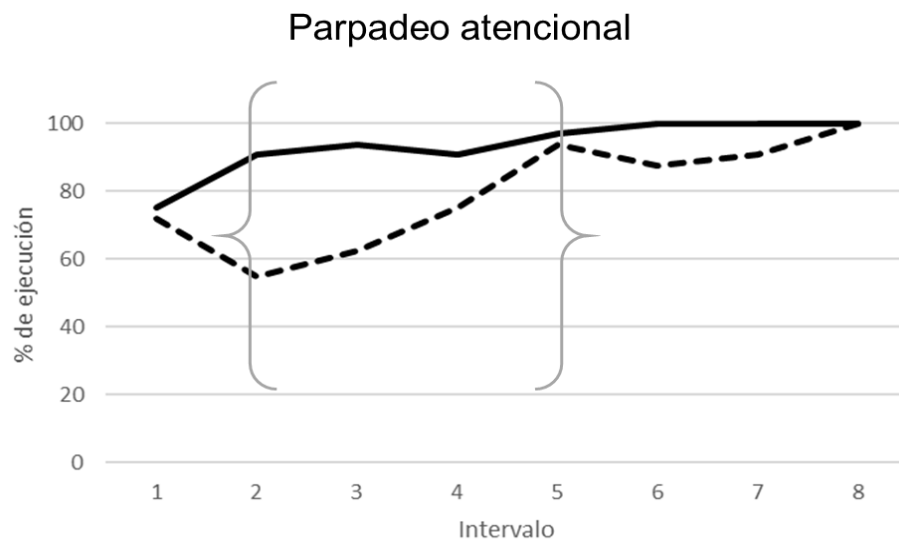
Se ha encontrado que las personas no pueden procesar eficientemente dos estímulos (E1 y E2), cuando aparecen separados por intervalos de 500 milisegundos. La eficiencia para procesar un segundo estímulo antes de ese lapso suele verse afectada y se refleja en un reporte deficiente del E2. Este fenómeno se conoce como parpadeo atencional (Raymond, Shapiro y Arnell, 1992), y se ha establecido que ocurre entre los 200 y 500 milisegundos después de la presentación del E1. El procesamiento de dos estímulos sucesivos ha sido estudiado utilizando tareas de *Presentaciones Visuales*

*Seriales Rápidas (PVSR)* (Broadbent y Broadbent, 1987; Kanwisher, 1987, Weichselgartner y Sperling, 1987).

El término “parpadeo atencional” fue acuñado por Raymond, Shapiro y Arnell (1992), quienes en una serie de experimentos utilizaron distintas versiones de una tarea de PVSR (Figura 5). En su Experimento 2, utilizaron una tarea de PVSR con un *Estímulo 1 (E1)* que apareció de forma aleatoria entre las posiciones 7 a la 15, y un *Estímulo 2 (E2)*, que podría aparecer al azar en cualquiera de los 8 intervalos posteriores al E1. Así, encontraron que, cuando se requería procesar E1 y E2 (grupo experimental), el E2 no era detectado eficientemente cuando se presentaba dentro de 500 ms luego de la presentación del E1. Sin embargo, cuando se requirió únicamente la detección del E2 y se pidió que se ignorara el E1 (grupo control), el E2 fue detectado eficientemente, al no tener la interferencia del E1. Este diseño de la tarea de PVSR es considerado como una de las mejores formas de obtener el parpadeo atencional (Figura 6) (MacLean y Arnell, 2012).



**Figura 5.** Tarea de Presentación Visual Serial Rápida. La versión utilizada por Raymond et al. (1992), consiste en identificar cuatro posibles estímulos (letras) en blanco como el E1, además de detectar si apareció una “X” (E2) en la cadena. En cada serie podían presentarse cuatro combinaciones: sólo E1, sólo E2, E1 y E2 o ninguno. Tomada de Raymond, Shapiro y Arnell, 1992.



**Figura 6.** Función típica del parpadeo atencional. El eje X representa los 8 intervalos en que se presentó E2, mientras que el eje Y indica el porcentaje de respuestas correctas en la tarea de PVSr. La línea continua señala la respuesta al E1, mientras que la línea cortada representa la respuesta al E2. El parpadeo atencional puede calcularse comparando la eficiencia para identificar el E1 con el E2, así como comparando el E2 en estímulos dentro del intervalo de parpadeo atencional (200-500 ms) con estímulos fuera de él (600-800 ms). Modificada de MacLean y Arnell, 2012.

Los resultados de los estudios que han abordado este fenómeno son clasificados en teorías informales y teorías formales (Dux y Marois, 2009). Las teorías informales, se basan en modelos teóricos que explican el fenómeno de parpadeo atencional de acuerdo con diferentes interpretaciones, mientras que las teorías formales corresponden a modelos computacionales que simulan cada elemento relacionado con el parpadeo atencional.

Las principales teorías informales son: la *teoría de la interferencia* (Shapiro, Raymond y Arnell, 1994) que argumenta que la identificación del primer estímulo se traslapa con la detección del segundo, lo que ocasiona confusión en las personas. Por otro lado, Chun y Potter (1995), propusieron la *teoría de dos estados*, que comprende un primer estado (detección rápida), donde todos los estímulos se procesan de forma preliminar, pero no pueden reportarse; y un segundo estado, (procesamiento de capacidad limitada) en el que ocurre la identificación y consolidación de los estímulos. El parpadeo atencional ocurre cuando la segunda etapa del procesamiento del E1 se traslapa con la primera etapa del procesamiento del E2. La *teoría de pérdida temporal del control* (Di Lollo, 2005), propone que, para procesar el primer estímulo, el procesamiento central cambia el funcionamiento de monitoreo a consolidación. Dada esta disrupción en la configuración del filtro, los estímulos subsecuentes serán procesados deficientemente hasta que se ajuste la configuración nuevamente a monitoreo.



Algunas de las teorías formales más importantes son la *teoría de impulso y rebote* (Olivers y Meeters, 2008), que propone que el E1 desencadena un impulso de los recursos atencionales, al que le sucede una fase de rebote en la que se suprimen los estímulos consecuentes al E1. Por otro lado, el *modelo de Episodios de Representaciones Semánticas Simultáneas y Representaciones Episódicas Seriales* (en inglés abreviado eSTST) (Wyble, Bowman y Nieuwenstein, 2009), sostiene que existen dos representaciones semánticas (E1 y E2) compitiendo por el acceso a una segunda fase de procesamiento, la cual consiste en la asociación de la representación semántica con una representación episódica. La representación que termine este procesamiento primero será reportada.

El *modelo de la cognición entrelazada* (Taatgen, Juvina, Schipper, Borst y Martens, 2009), propone que los mecanismos de detección y consolidación del E1, implican un gran esfuerzo en el control de los recursos atencionales que provoca una respuesta inhibitoria sobre los estímulos subsecuentes (distractores o el E2) y dificulta su procesamiento hasta que se consolida por completo el E1. Finalmente, el modelo del *Sistema Locus Coeruleus-Norepinefrina* (LC-NE) (Nieuwenhuis, Gilzenrat, Holmes y Cohen, 2005), propone que el locus coeruleus tiene una respuesta tónica que se encarga de mantener el nivel de alerta y una respuesta fásica desatada ante estímulos específicos. Esta respuesta fásica consiste en una liberación de norepinefrina, que se presenta aproximadamente 150 ms después de la presentación del E1

y que tiene un periodo refractario que le impide volver a activarse hasta después de alrededor de 500 ms.

Más allá de sus diferencias, la mayoría de estas teorías (formales e informales) comparten la idea de que el procesamiento en el parpadeo atencional ocurre en dos etapas y que, al procesar dos estímulos de forma simultánea, la segunda etapa de procesamiento del primer estímulo puede superponerse con la primera etapa del segundo estímulo. Las diferencias entre estas teorías se encuentran en el funcionamiento y los mecanismos que describen.

#### *Exención en el primer intervalo*

Cuando un estímulo es identificado en la tarea de PVSR, el distractor siguiente ( $E1$  y  $E1+1$ ) puede ser procesado junto con él. El mecanismo de alerta desencadenado por el primer estímulo puede tener una duración mayor a la del propio estímulo (100 ms), que permite que los estímulos dentro del intervalo del mecanismo de alerta pueden ser procesados y reportados correctamente. Debido a que este intervalo antecede al parpadeo atencional, este fenómeno se conoce como la exención en el primer intervalo. Además, su duración puede prolongarse hasta los intervalos de 200 ms, lo que se conoce como *extensión de la exención* (Kawahara, Kumada, Di Lollo, 2006).

Se ha reportado que, durante la exención, existe una pérdida en el orden de procesamiento de  $E1$  y  $E2$ , que se refleja en un alto porcentaje de respuestas

correctas, aunque en orden invertido. Por ejemplo, si los estímulos son 2 y 9, una persona puede responder 9 y 2 (Potter y Chun, 1995).

Cualquiera que sea la naturaleza de este fenómeno, se ha demostrado que tiene una capacidad limitada y que, aunque la exención pueda evadir el parpadeo atencional, no puede exentar las limitaciones de los recursos atencionales, lo que se refleja en costos en la eficiencia de procesamiento como la inversión del orden en el reporte de E1 y E2 (Dell'Acqua, Dux, Wyble y Jolicoeur, 2012; Dux, Wyble, Jolicoeur y Dell'Acqua, 2014). Debido a esta evidencia puede considerarse al fenómeno de exención como independiente del fenómeno de parpadeo atencional.

#### *Efectos de la práctica sobre el parpadeo atencional*

Se ha documentado que el parpadeo atencional puede atenuarse con la práctica (Maki y Padmanabhan, 1994; Tang, Badcock y Visser, 2013; Shin, Chang y Cho, 2015), lo cual es relevante para el desarrollo de este trabajo debido al uso de medidas repetidas. Se ha reportado que incluso, el parpadeo puede eliminarse con un entrenamiento en tareas con un E2 con un color sobresaliente (por ejemplo, un E2 rojo) y siempre con un intervalo de 200 ms (Choi, et al., 2012).

Sin embargo, se ha demostrado que el parpadeo vuelve a presentarse con el paso del tiempo, o si se utiliza una tarea con diferentes características a la que se realizó en el entrenamiento (Maki y Padmanabhan, 1994). Se ha propuesto

que más que eliminar el parpadeo atencional, en los entrenamientos de estos estudios ocurre un efecto de aprendizaje que genera expectativas temporales (Tang, Badcock y Visser, 2013). De hecho, Shin, Chang y Cho (2015) sugieren que las expectativas temporales implican un aprendizaje que modula la atención de forma implícita. De cualquier forma, la ejecución en el intervalo de parpadeo atencional no mejora cuando se utilizan solamente diferencias categóricas en los estímulos (por ejemplo, letras y números del mismo color) (Choi et al., 2012; Enns et al., 2017). En estos estudios, se ha reportado que el parpadeo atencional puede atenuarse un poco, pero no desaparecer.

Una limitación en los estudios sobre práctica en el parpadeo atencional consiste en el número de registros o sesiones en que se evalúa, dado que algunos de estos estudios que reportan atenuar el parpadeo atencional, utilizan pocos registros o mediciones únicas en diferentes días, lo que implica que esta mejora en la ejecución puede deberse a haber dormido entre los registros (Cellini et al., 2005). En resumen, no se ha comprobado que el parpadeo atencional pueda eliminarse con la práctica al utilizar estímulos con diferencias únicamente categóricas. Siguiendo esta afirmación, es posible evaluar el parpadeo atencional usando medidas repetidas. Sin embargo, ante la poca evidencia sobre la práctica extensa en las tareas de parpadeo atencional, en este estudio se estableció un grupo control cuyo objetivo exclusivo fue verificar que la práctica no reduce o elimina el parpadeo atencional como se propone en estudios anteriores.

*El límite atencional y sus variaciones durante el día*

Los estudios sobre la práctica en tareas de parpadeo atencional sugieren que las variaciones en el desempeño surgen del desarrollo de expectativas ante los estímulos (Tang, Badcock y Visser, 2013; Shin, Chang y Cho, 2015). Estas variaciones son ocasionadas por factores secundarios al factor circadiano.

El único estudio que ha considerado el factor circadiano en el límite atencional fue hecho por Bratzke et al. (2007), en cuyo experimento se implementó un protocolo de rutina constante de 28 horas con registros cada 2 horas en una tarea de PRP (indicador de tiempos de reacción en el límite atencional). En este estudio se reportó que los tiempos de reacción en el límite atencional tuvieron una variación circadiana que mostraba un retardo durante la noche y una respuesta más rápida durante el día, hecho que resulta predecible dado que los tiempos de reacción en general siguen un patrón circadiano (Wright et al., 2002). Sin embargo, la eficiencia para responder no mostró un ritmo circadiano, lo cual puede deberse a que la tarea principalmente evalúa los tiempos de reacción. Por esta última razón es necesaria la implementación de un indicador basado en la eficiencia para poder determinar la posible existencia de variaciones circadianas en el límite atencional.

### **CAPÍTULO III. Método**

En este trabajo se registraron dos grupos de participantes. El grupo control se registró para evaluar si la práctica en la tarea utilizada en este estudio elimina el parpadeo atencional, indicador del límite atencional. Esto es fundamental para considerar esta tarea como confiable para usarse en el registro de ritmos circadianos. El grupo experimental se registró para probar la hipótesis de este trabajo, analizar la posibilidad de que la ejecución en el límite atencional presenta variaciones circadianas.

En la primera parte de este capítulo se describen las características específicas de los registros control y experimental. Debido a que existen también numerosos aspectos en común entre ambos registros, estos serán desarrollados en conjunto en la segunda parte de este capítulo.

Todos los participantes consintieron de forma voluntaria y por escrito después de ser informados de las características del protocolo, sin recibir alguna remuneración económica o académica. Además, se recibió el consentimiento de los padres de familia de los participantes menores de edad.

Este experimento se realizó de acuerdo con los principios de la declaración de Helsinki (2004), para la investigación con humanos.

## **Registro control**

### *Participantes*

Los participantes del registro control fueron registrados durante horas diurnas (11:00-20:00 h), en un horario en el que se ha reportado que el nivel de alerta es eficiente. Se realizaron ocho registros diarios durante tres días sucesivos, para analizar los efectos de la práctica después de 24 sesiones. Este registro no permite un análisis de los ritmos circadianos, pero proporciona información sobre el desempeño en horas diurnas, el cuál puede compararse con el desempeño en las mismas horas en el grupo experimental (rutina constante).

Se registraron 17 estudiantes universitarios, 6 hombres y 11 mujeres, en un rango de edad de entre 17 y 25 años ( $18.65 \pm 2.21$  años). Tres días antes del registro, todos los participantes siguieron un horario de sueño de 8 horas para evitar que se encontraran privados de sueño. Esta condición no se cumplió en uno de los participantes, por lo que sus datos fueron excluidos de los análisis presentados. Los participantes acudieron a clases todos los días en los horarios intermedio (10:20-13:40) o vespertino (13:40-17:00). No se reportaron problemas de salud, daño cerebral, epilepsia y trastornos del sueño, factores que pudieron haber tenido repercusiones en el desempeño debido a las características del experimento.

### *Procedimiento*

Los participantes ingresaron al laboratorio desde las 09:00 h, y a las 11:00 h se trasladaron a sus cubículos donde se registraron cada hora su sensación subjetiva de somnolencia y cansancio, así como la tarea de parpadeo atencional. A las 14:00 h, se reemplazó el registro correspondiente por una hora de comida, y se reanudaron los registros de 15:00 a 20:00 h. Los registros se realizaron de esta forma en tres días consecutivos (lunes, martes y miércoles; o jueves, viernes y sábado). Las calorías ingeridas durante la comida no superaron las 600 kcal, un valor promedio para un almuerzo. A partir del registro de las 18:00 h, se ofreció a los participantes un bocadillo de menos de 250 kcal. Los participantes pudieron salir de los cubículos al término de los registros para realizar actividades de su preferencia como leer, jugar, o solo descansar (Figura 4).

### **Registro experimental**

#### *Participantes*

Los participantes del grupo experimental fueron registrados en un protocolo de rutina constante de 29 horas en el que fueron controladas la iluminación, la temperatura ambiental, la actividad motora e intelectual, la ingesta calórica y la vigilia. Este protocolo permite analizar la posible existencia de ritmos circadianos en el límite atencional.



Se registraron 18 estudiantes universitarios, 11 hombres y 7 mujeres, en un rango de edad de entre 17 y 20 años ( $18.06 \pm 1.16$  años). Todos los participantes siguieron un horario de sueño de 8 horas, tres días antes del registro, y acudían a clases todos los días en los horarios intermedio (10:20-13:40) o vespertino (13:40-17:00). No se reportaron problemas de salud, daño cerebral, epilepsia y trastornos del sueño, factores que pudieron haber tenido repercusiones en el desempeño debido a las características del experimento.

### *Procedimiento*

El día del registro, los participantes acudieron al laboratorio a las 10:00 h, fueron ubicados en un cubículo acondicionado, con iluminación y temperatura controladas, donde se llevaron a cabo los registros cada hora, en un protocolo de rutina constante de 29 horas con privación de sueño. Los descansos, la actividad motora y la ingesta calórica fueron controlados durante el experimento. Los registros comenzaron a las 12:00 h. La temperatura rectal de los participantes fue medida cada segundo, y cada hora se registraron las sensaciones subjetivas de somnolencia y cansancio, así como la tarea de parpadeo atencional. Al finalizar los registros los participantes recibieron un bocadillo (suplemento alimenticio y galleta, o jugo y galleta) equivalente a  $1/29$  del 60% del promedio de la ingesta calórica diaria reportada, además, permanecieron recostados en el cubículo acompañados por un registrador.

## **Características generales de los registros control y experimental**

### *Área de registro*

Se utilizaron dos cámaras de aislamiento térmico, acústico y de iluminación solar. El área de estos cubículos es de 3 x 3.3 m, con un baño de 3 x 1.3 m. En el centro del cubículo se encontraba un sillón reclinable donde los participantes permanecieron recostados. Al lado contrario de la entrada, estaba un escritorio donde se colocó un brazo mecánico que sujetó el monitor, el cual se mantuvo de frente al participante a una distancia de 60 cm. Estas cámaras permanecieron con una temperatura ambiental constante de 24°C. La iluminación fue medida al nivel de los ojos del participante. En el grupo control, la iluminación máxima fue de alrededor de 500 lux, debido a que corresponde a la iluminación promedio para trabajar en una habitación, mientras que, en el grupo experimental, la iluminación permaneció constante a 5 lux, para reducir los efectos de la luz sobre los ritmos circadianos. El registrador en turno se ubicó en el escritorio quedando fuera del campo visual del participante.

### *Aparatos e instrumentos*

#### **Cuestionarios**

1. Carta de consentimiento informado. En la que los participantes fueron informados sobre el objetivo y condiciones del estudio. Los participantes consintieron con su firma. Para los participantes menores de edad, se

requirió también la firma de autorización de sus padres o tutores (Apéndice A).

2. Cuestionario de datos generales. Incluye preguntas sobre información personal de los participantes, como la edad, horarios, condiciones de salud, etc. (Apéndice B).
3. Autoevaluación de la fase circadiana (Horne & Ostberg, 1976, traducción de Téllez y Valdez ,1998). Evalúa las preferencias de los momentos del día para despertar, realizar actividades y para dormir (Apéndice C).
4. Cuestionario de trastornos del dormir (Apéndice D). Este cuestionario detecta si los posibles participantes padecen trastornos en el sueño que pueden interferir con los protocolos de registro, por lo que es útil en la selección de participantes.
5. Versión en español del Cuestionario de hábitos de dormir de Monk, Reynolds y Kupfer (1991). Identifica los horarios acostumbrados por las personas para dormir y despertar en diferentes situaciones (Apéndice E).
6. Escala de somnolencia diurna de Epworth (Johns, 1991). En la que los participantes reportaron qué tan somnolientos se sentirían en diferentes contextos (Apéndice F).
7. Diario del dormir. Contiene preguntas acerca del ciclo de vigilia-sueño, como la hora de dormir, la hora de despertar, despertares durante la noche, uso de dispositivos electrónicos, etc (Apéndice G).

8. Auto registro de alimentación. En el cual, los participantes registraron las porciones de alimento que comieron en un día entre semana y uno de fin de semana con la finalidad de obtener la cantidad de calorías promedio para calcular la cantidad de calorías de las porciones que se proporcionaron durante los registros (Apéndice H).
9. Escalas visuales analógicas para el registro de somnolencia y cansancio (Cluydts, De Valck, Verstraeten, & Theys, 2002). Consiste en una línea horizontal donde los participantes señalaron con una línea vertical la sensación de somnolencia y cansancio en determinados momentos, siendo el extremo izquierdo la más baja sensación y el extremo derecho la más alta (Apéndice I).

## Equipo

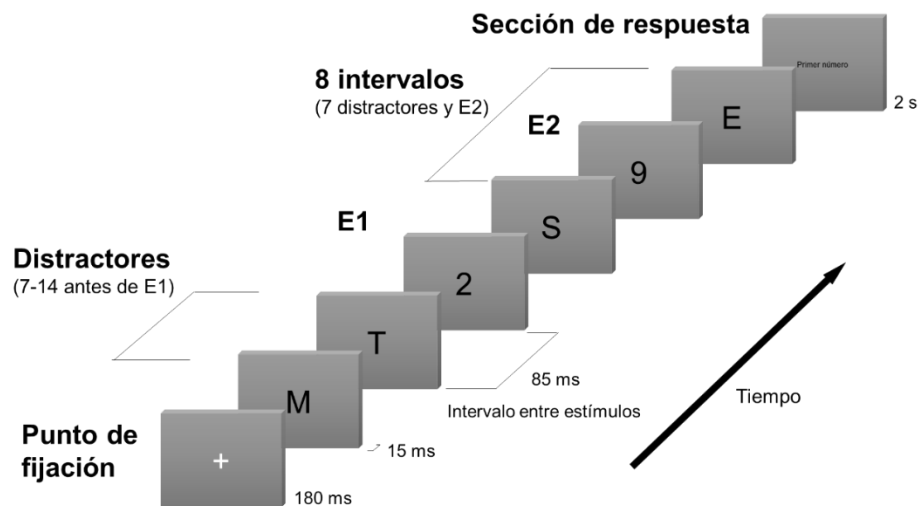
Los estímulos para para la tarea de PVSR fueron presentados utilizando una computadora de escritorio con Windows XP, usando DirectRT (Empirisoft, 2008). Fueron presentados por medio de monitores HP L1710 con una resolución de 800x600 pixeles. Las respuestas fueron reportadas usando los números del panel numérico de un teclado mecánico. Los sujetos no recibieron retroalimentación sobre su respuesta durante el experimento.

*Tarea de Presentación Visual Serial Rápida (PVSR).*

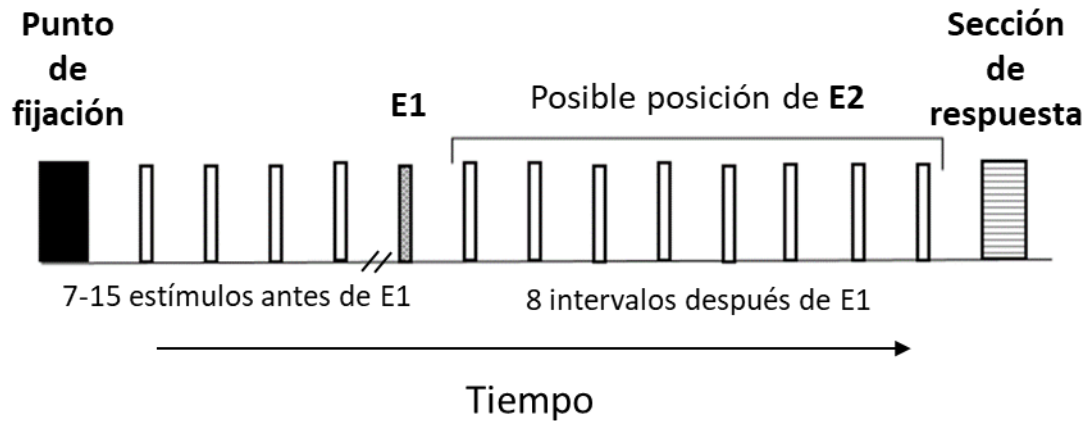
Esta tarea se utilizó para medir el parpadeo atencional. Consistió en 256 secuencias de estímulos. En cada una de las secuencias se presentó una serie sucesiva de *distractores*, que fueron letras mayúsculas (excepto B y Ñ), entre las cuales se encontraron dos números inmersos (E1 y E2), constituidos por números del 2 al 9. Todos los estímulos se presentaron en color negro con un fondo gris uniforme, fuente Arial con tamaño 100, con una duración de 15 ms, con un intervalo entre estímulos (IEE) de 85 ms (ACE [*asincronía de comienzo de estímulo*]: 100 ms), a una velocidad de 10 letras por segundo. La tarea tuvo una duración aproximada de 15 minutos (Figura 7).

La tarea comenzó con una sección principal, donde los participantes tenían que presionar cualquier tecla para comenzar. Luego de esto, se presentó un punto de fijación (cruz al centro de la pantalla) con una duración de 180 ms. Este símbolo apareció al inicio de cada secuencia. El E1 se presentó luego de la aparición de entre 7 y 14 estímulos distractores previos, mientras que el E2 se presentó de forma aleatoria en cada una de las ocho posiciones posteriores al E1. Al final de cada secuencia aparecieron dos secciones para responder, en la primera apareció la leyenda “Primer número” y los participantes tenían 2 segundos para responder identificando el primer número que apareció inmerso en la cadena de letras. En la segunda pantalla se mostró “Segundo número” siendo la misma forma de respuesta que en la anterior, obedeciendo al segundo evento (Figura 8).

Los participantes observaron la presentación desde una distancia de 60 cm. Cada estímulo fue presentado de manera individual y en la misma locación en la pantalla, en el centro (a un ángulo de  $14.2^\circ$ ). En todas las secuencias se presentaron los dos estímulos, el E2 apareció 32 veces en cada una de las ocho posiciones seguidas al E1. La computadora presentó de manera aleatoria y sin repetición cada estímulo.



**Figura 7.** Tarea de Presentación Visual Serial Rápida utilizada en este experimento. E1 y E2 fueron números del 2 al 9 sin repetir, se encontraron inmersos en una sucesión de distractores (letras mayúsculas). Al final de cada secuencia, los participantes debieron identificar los dos números. Todos los estímulos se presentaron en color negro al centro de la pantalla, con un fondo gris. Modificada de Shin, Chang y Cho, 2015.



**Figura 8.** Sucesión temporal en una secuencia de la tarea de PVSR. El punto de fijación apareció por 180 milisegundos, el E1 siempre apareció luego de entre 7 y 15 estímulos (presentados de forma aleatoria). Luego del E1, siempre se presentaron 8 estímulos más. El E2 se presentó de forma aleatoria y equitativa en cada una de las 8 posiciones (32 veces en 8 intervalos=256 estímulos). Los participantes respondieron al final de cada secuencia en dos secciones de respuesta, una para E1 y otra para E2. Modificada de Raymond, Shapiro y Arnell, 1992.

#### *Validez y confiabilidad de los instrumentos*

Los cuestionarios de datos generales y trastornos del sueño utilizados en este estudio son usados en ambientes clínicos, aunque no se cuenta con datos sobre su validez y confiabilidad. El diario de dormir es utilizado frecuentemente en estudios sobre el ciclo de vigilia-sueño y se ha demostrado que tiene una confiabilidad aceptable (Valdez, Ramírez y García, 1996). La escala de madrugadores y trasnochadores ha demostrado un grado aceptable de validez externa, pues permite clasificar a dos subgrupos de la población de acuerdo con las variaciones circadianas en la temperatura corporal (Horne y Ostberg, 1976).

La tarea de PVSR utilizada en este trabajo tiene niveles apropiados de validez y confiabilidad (MacLean y Arnell, 2012). Este tipo de tareas se basan en la evaluación de un proceso cognoscitivo como una función cerebral, por lo que tienen una aceptable validez de constructo. Además, su validez de contenido es apropiada, pues todos los reactivos de la prueba se contrabalancearon en su presentación y su aleatorización.

### *Material*

1. Computadoras de escritorio con monitores de 14". En las cuales se presentaron los estímulos y se registraron las tareas.
2. Registrador de datos Squirrel SQ-2020 Series. En ese aparato se registró la temperatura rectal de los participantes del grupo experimental, por medio de una sonda conectada con el aparato.
3. Sonda rectal de PVC de 3 mm de diámetro, esterilizada y desechable. Marca Level 1 modelo 400. Contiene un termistor que se usó para registrar la temperatura corporal de cada uno de los participantes del grupo experimental.
4. Termómetro ambiental de mercurio. El cual registró la temperatura de los cubículos en ambos registros.
5. Cronómetro. Con el que se registró la duración de las tareas.
6. Hoja de registro. En esta se registraron detalles del registro como la duración de las tareas, la actividad de los participantes durante las tareas, así como una lista de pasos del protocolo.



## **Proceso de selección de participantes**

### *Invitación a participantes*

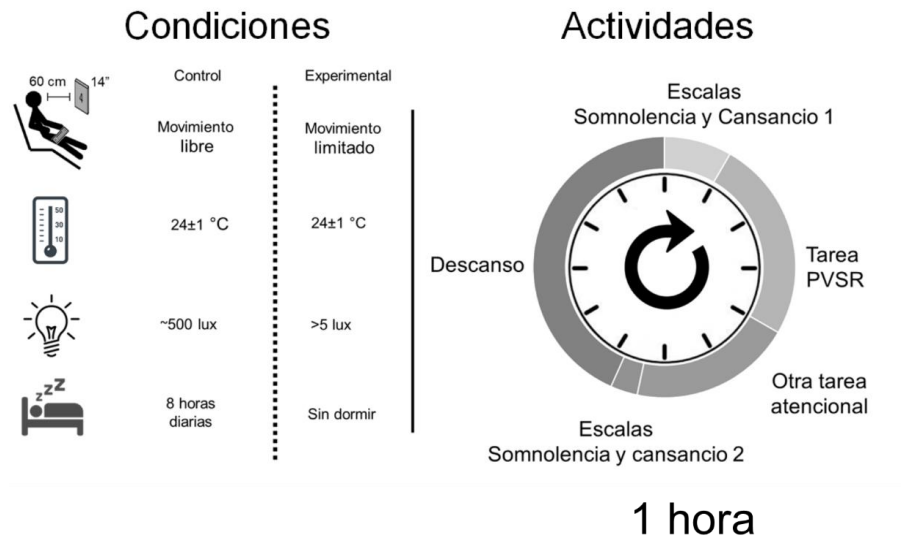
En un inicio, se acudió a los salones de clases para invitar a participar a los alumnos del turno intermedio y vespertino, de la Licenciatura en Psicología. Las personas interesadas recibieron sesiones informativas sobre el protocolo, llevadas a cabo en el laboratorio. En estas, ellos decidieron entre participar o no en la investigación firmando una carta de consentimiento informado. Enseguida, los participantes recibieron un expediente con los siguientes instrumentos: cuestionario de datos generales, Autoevaluación de la Fase Circadiana, Cuestionario de hábitos de dormir, Cuestionario de trastornos de sueño, Escala de somnolencia diurna de Epworth, así como un Diario del dormir.

### *Seguimiento previo al registro*

Los participantes reportaron diariamente su ciclo de vigilia-sueño con diarios del dormir por dos semanas. El objetivo de esta medida fue tener una referencia del ciclo de los participantes. En la semana anterior al registro (o al menos tres días antes), todos los participantes siguieron un periodo de sueño de 8 horas (~00:00-8:00 am), que funcionó como una sincronización del ritmo a los horarios de registro.

También en las dos semanas anteriores al registro, los participantes realizaron un auto-registro de su ingesta calórica en un día de entresemana y uno del fin de semana. Se calcularon las calorías ingeridas para programar la ingesta calórica correspondiente al protocolo de registro.

Durante la semana previa al registro, todos los participantes acudieron al laboratorio en orden de recibir dos sesiones de práctica en la tarea de PVSR. La primera consistió en tres presentaciones de la tarea, con una duración total de 60 minutos, 15 minutos de cada presentación con descansos de 5 minutos entre cada aplicación. El segundo entrenamiento implicó una aplicación de la tarea de PVSR en un cubículo experimental, donde se practicó también el protocolo del registro. El número de entrenamientos se diseñó basándose en la cantidad de aplicaciones necesarias para estabilizar la ejecución en la tarea de PVSR.



**Figura 9.** Protocolos de los registros control y experimental. En el lado izquierdo se muestran las condiciones en las que fueron registrados los participantes de las dos condiciones. En el lado derecho se presenta la distribución temporal de un registro realizado en un periodo de una hora. Los participantes del registro experimental permanecieron en el cubículo durante los descansos mientras que los participantes del registro o control pudieron salir de los cubículos y realizaron actividades como escuchar música o jugar.



**Figura 10.** Condiciones de registro. Los participantes se mantuvieron recostados, frente al monitor situados a 60 cm.

## **Análisis de datos**

Los Autoevaluación de la Fase Circadiana (AFC) fue utilizada para determinar el cronotipo de los participantes. Este puede variar entre: definitivamente matutino, moderadamente matutino, intermedio, moderadamente nocturno y definitivamente nocturno. Esta escala fue utilizada en los dos registros.

El periodo menstrual fue registrado solamente en las mujeres del grupo experimental debido a que esta variable es irrelevante para el objetivo del registro control, que fue verificar los efectos de la práctica sobre el parpadeo atencional.

Los datos sobre el dormir fueron obtenidos en ambos grupos. Los datos reportados corresponden a la hora de inicio, que se cuenta desde que se acostaron a dormir; la hora de término, que se refiere a la hora en que los participantes se levantaron de la cama; y la duración del dormir, que fue calculada con la diferencia de los datos anteriores. Sus promedios y sus desviaciones estándar fueron analizados por días de entre semana y días del fin de semana.

La temperatura rectal fue registrada cada minuto en los participantes del grupo experimental y luego se calculó la mediana por hora. Estos datos fueron suavizados usando medias móviles de 3 puntos, este proceso consiste en promediar el valor del registro actual con el de un registro antes y un registro después. Luego de esto, se les aplicó la técnica Cosinor simple con un periodo

de 24 horas. Con esta técnica se ajustó la proporción de los datos a una onda sinusoidal con un periodo determinado.

En ambos grupos, el índice para evaluar el parpadeo atencional consistió en la diferencia entre el desempeño ante el E2 en un intervalo largo, fuera del intervalo de parpadeo atencional (800 ms) y el desempeño del E2 en un intervalo corto, dentro del parpadeo atencional (200 ms), de forma que son un buen indicador de la eficiencia y la deficiencia en el límite atencional.

Las diferencias en la ejecución en los intervalos de 200 y 800 ms a lo largo del día fueron analizadas usando un análisis de varianza no paramétrico de Friedman. La comparación entre la ejecución en los intervalos de 200 y 800 ms se obtuvo con una prueba T de Wilcoxon.

Para el análisis de las variaciones circadianas en el límite atencional, los valores originales fueron suavizados utilizando medias móviles de tres puntos. Esto ayuda a reducir la interferencia que puede presentarse en la ejecución debido a variaciones adicionales a las generadas por los factores homeostático y circadiano. Luego, se calculó la regresión lineal producto de la disminución progresiva en la ejecución relacionada con el factor homeostático. Posteriormente, se restó la regresión lineal del promedio individual de las medias móviles de cada variable. Los análisis de promedios y el análisis Cosinor se realizaron para la temperatura, la somnolencia y el cansancio y la eficiencia en la tarea de PVSR.

Las acrofases promedio de las variables fueron comparadas usando una T de Wilcoxon, mientras que las relaciones de fase entre los ritmos circadianos se calcularon con las diferencias respecto a la acrofase de temperatura rectal.

### **Diseño**

Este trabajo puede describirse como un estudio exploratorio, correlacional, con un diseño longitudinal. Incluyó un control de variables extrañas que pueden enmascarar los ritmos circadianos, y además se llevó a cabo con una muestra de participantes voluntarios. El análisis de datos incluyó el uso de series de tiempo y estadística no paramétrica.

## CAPÍTULO IV. Resultados

### Registro Control

#### *Datos generales de los participantes*

La clave de los participantes, las edades, las fechas de registro, y el puntaje en la Autoevaluación de la Fase Circadiana se muestran en la Tabla 1. De acuerdo con la Autoevaluación de la Fase Circadiana, 13 de los participantes tienen una puntuación correspondiente a un cronotipo intermedio (sin tendencia madrugadora o trasnochadora), mientras que 4 participantes son moderadamente matutinos (PC01, PC04, PC07 y PC11).

#### *Ciclo de vigilia-sueño*

Los promedios fueron clasificados en días de entre semana y días del fin de semana (Tabla 2). En promedio, los participantes del registro control, se acostaron entre semana (ES) a las 23:45 y se levantaron a las 07:48 h, durmiendo 8 horas y 2 minutos. El fin de semana (FS), se acostaron minutos más tarde, a las 00:45 y se levantaron un par de horas después respecto a entre semana, a las 9:14 h. Por tanto, durmieron más el fin de semana, con una duración de sueño promedio de 8 horas y 30 minutos.

**Tabla 1.** Datos generales de los participantes del registro control

Participante	Edad	AFC	Fecha de registro
PC01	17	59	23,24,25/02/ 2017
PC02	18	48	23,24,25/02/2017
PC03	25	53	27,28/02/2017; 01/03/2017
PC04	21	60	27,28/02/2017; 01/03/2017
PC05	17	43	2,3,4/03/2017
PC06	17	47	2,3,4/03/2017
PC07	19	61	6,7,8/03/2017
PC08	17	46	6,7,8 /03/2017
PC09	19	58	9,10,11/03/2017
PC10	21	46	9,10,11/03/2017
PC11	18	67	13,14,15/03/2017
PC12	17	42	13,14,15/03/2017
PC13	17	53	16,17,18/03/2017
PC14	17	53	27,28,29/03/2017
PC15	21	51	27,28,29/03/2017
PC16	18	51	25,30,31/03/2017
PC17	18	46	25,30,31/03/2017
Promedio	18.65	51.94	
DE	2.21	7.25	

AFC= Autoevaluación de la Fase Circadiana, puntajes bajos indican una tendencia trasnochadora y puntajes alto, una tendencia madrugadora. DE= Desviación Estándar. La fecha de menstruación no se registró en el grupo control.

### *Somnolencia y cansancio*

La somnolencia y el cansancio mostraron un aumento progresivo conforme transcurrieron los registros. En el registro control, se analizaron la somnolencia y el cansancio por día, encontrando variaciones significativas en los primeros dos días en la somnolencia (Día 1: Friedman=14.91,  $p<0.05$ ; Día 2: Friedman=15.45,  $p<0.05$ ; Día 3: Friedman=5.10,  $p=0.65$ ), mientras que en el cansancio se presentaron variaciones significativas en los tres días (Día 1: Friedman=27.04,  $p<0.001$ ; Día 2: Friedman=19.80,  $p<0.005$ ; Día 3: Friedman=20.21,  $p<0.005$ ). El incremento de estas variaciones respecto a los

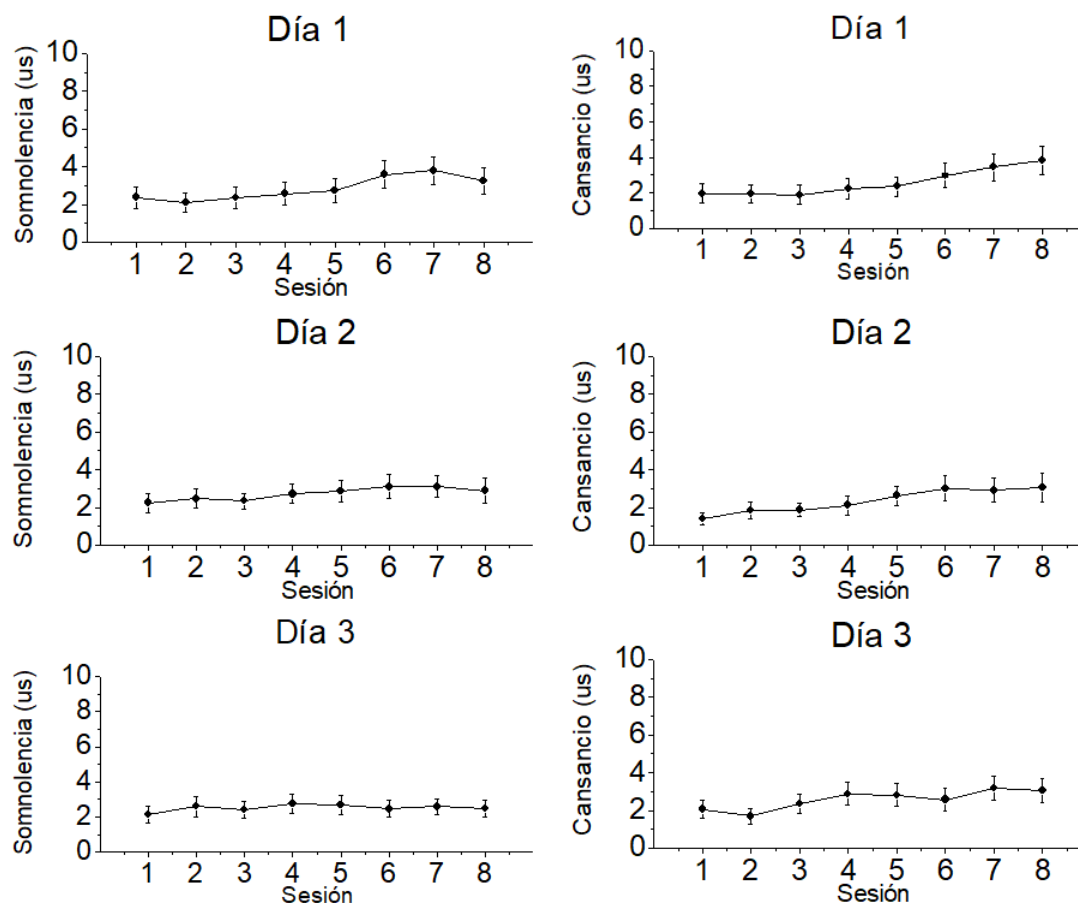


valores iniciales de somnolencia y cansancio fue de menos de 2 puntos en una escala de 10, por lo que se sugiere que estas variaciones fueron un reflejo del cansancio acumulado sobre la ejecución. El promedio de estos indicadores durante los tres días de registro se muestra en la Figura 11.

**Tabla 2.** Promedios de horas de inicio, término y duración del dormir de los participantes del registro control

Día	Hora de inicio	Hora de término	Duración del dormir
ES-01	23:57	08:27	08:29
ES-02	00:16	08:05	07:49
ES-03	23:45	07:59	08:01
ES-04	23:40	07:30	07:56
ES-05	23:33	07:31	07:52
ES-06	23:27	07:22	07:54
ES-07	23:22	07:56	08:34
ES-08	23:19	07:43	08:24
ES-09	23:45	07:53	08:08
ES-10	00:26	07:33	07:07
Promedio ES	23:45	07:48	08:02
DE ES	00:22	00:20	00:25
FS-01	00:26	09:13	08:47
FS-02	00:46	09:48	09:02
FS-03	23:50	09:02	09:12
FS-04	01:56	08:53	06:57
Promedio FS	00:45	09:14	08:30
DE FS	00:53	00:24	01:02

ES= Entre semana, FS= Fin de semana, DE= Desviación estándar. Se presentan los promedios de dos semanas de auto registro del ciclo vigilia-sueño, 10 días ES y 4 días FS.

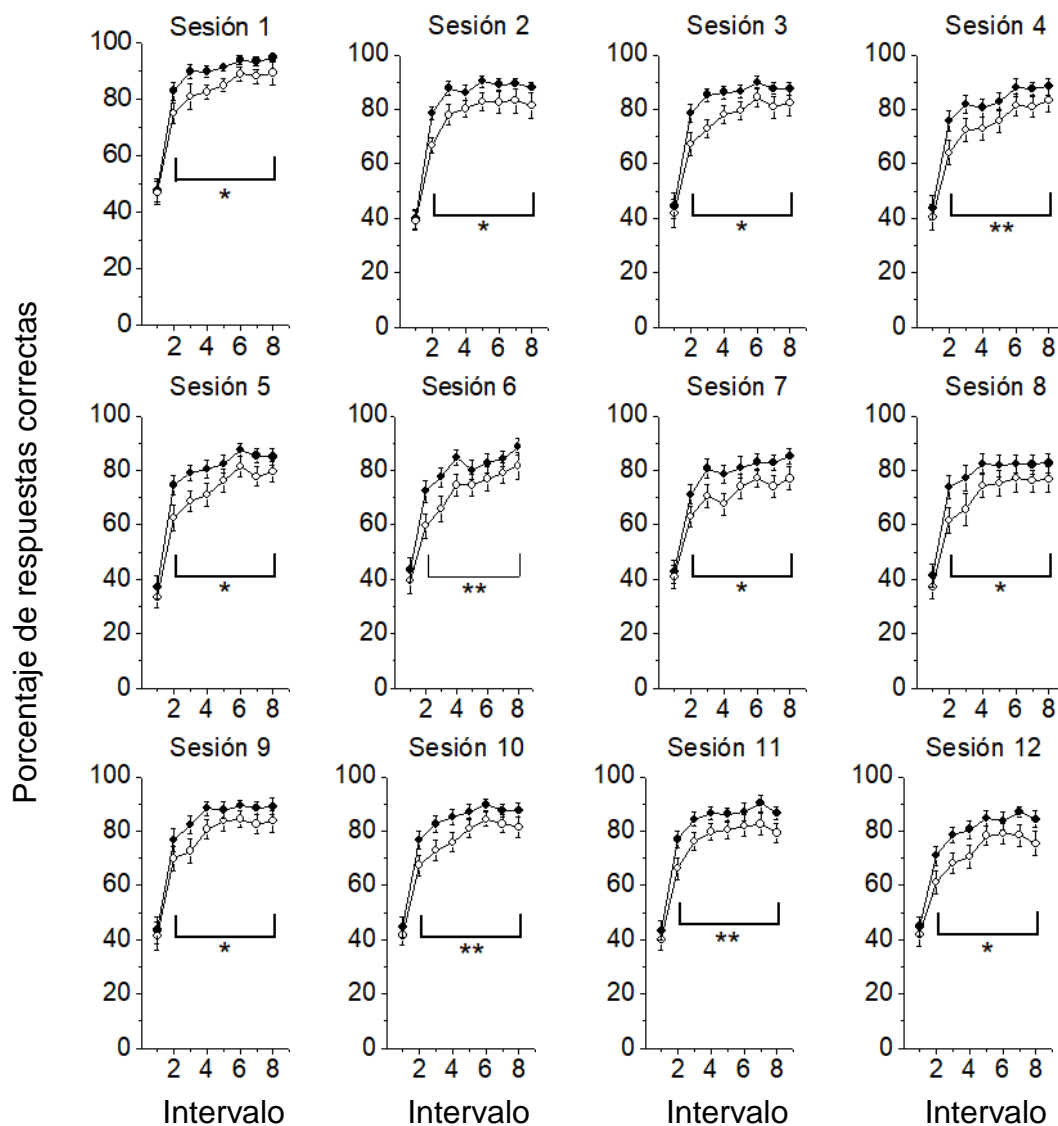


**Figura 11.** Promedios grupales de la somnolencia y el cansancio del registro control. En el eje vertical aparecen la somnolencia (izquierda) y el cansancio (derecha) en unidades subjetivas (us), mientras que en el eje horizontal aparecen las 8 sesiones por tres días que conformaron las 24 sesiones del registro control.

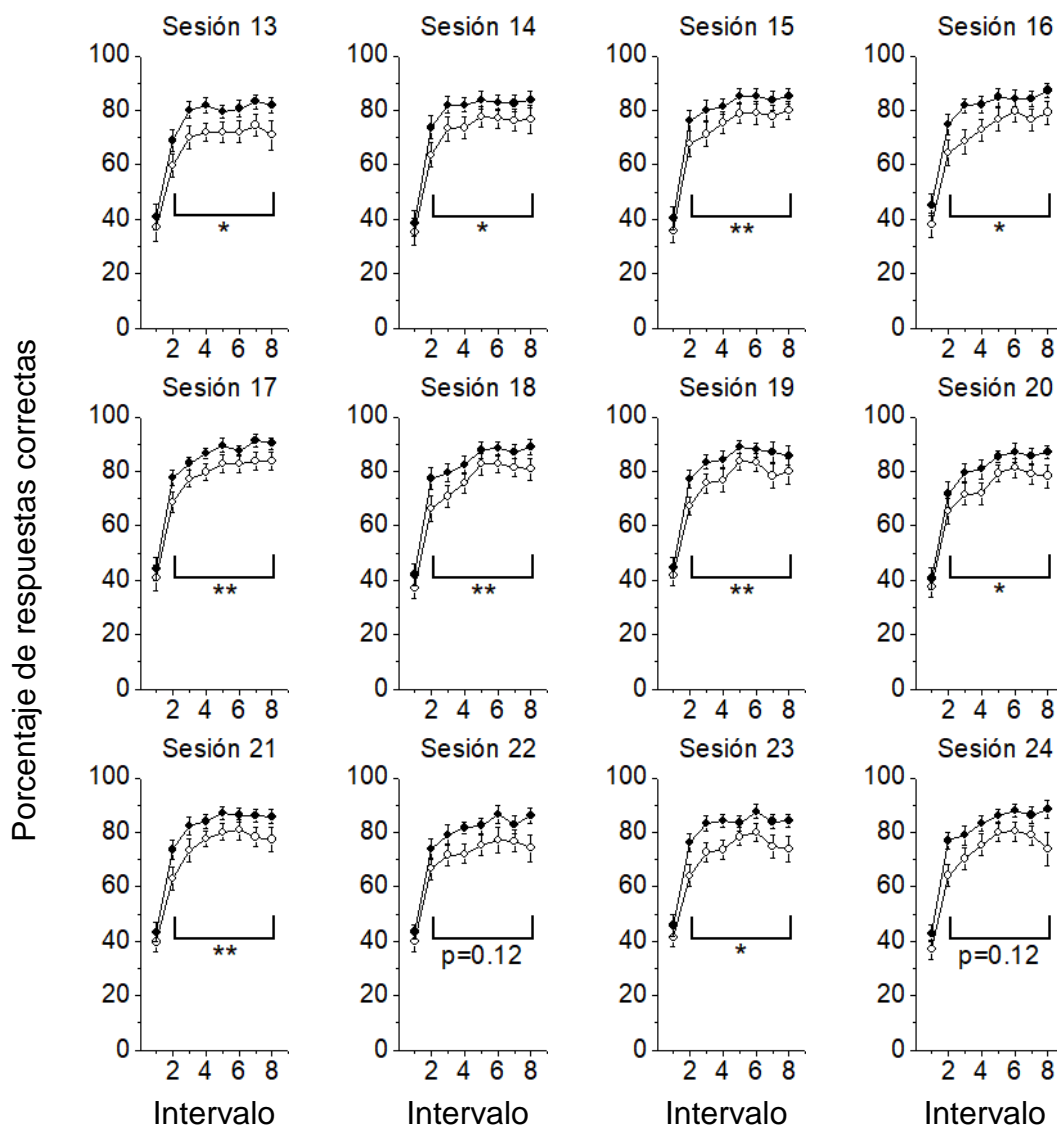
### Tarea de Presentaciones Visuales Seriales Rápidas

El indicador de parpadeo atencional, que consiste en la diferencia entre el E2 a 200 y a 800 ms, se presentó en 22 de las 24 sesiones (Figuras 12 y 13). En las sesiones 6 y 8 del día 3, el indicador no se presentó debido a una disminución en la ejecución en el intervalo de 800 ms que no afectó la ejecución en el intervalo de 200 ms.

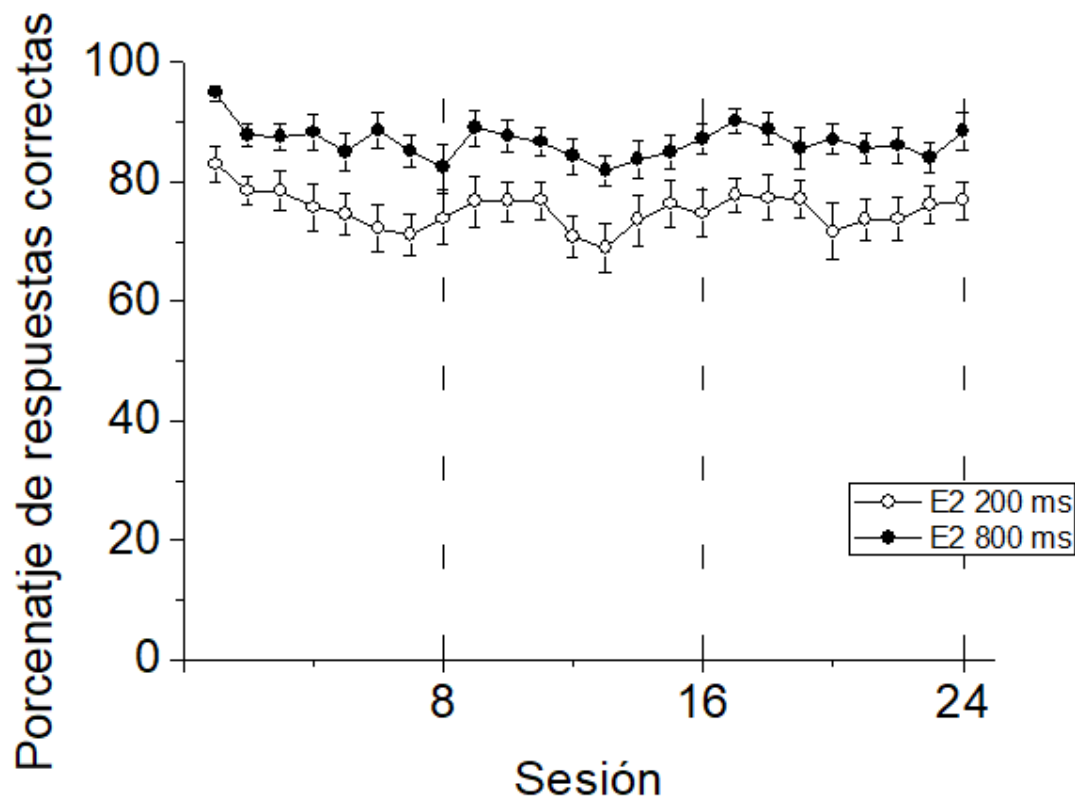
La capacidad para responder a dos estímulos separados por un intervalo de 200 ms permaneció constante en horas diurnas (Día 1: Friedman=11.43,  $p=0.120$ ; Día 2: Friedman=9.86,  $p=0.196$ ; Día 3: Friedman=2.99,  $p=0.885$ ), y en promedio su eficiencia es cercana al 70%. Respecto al intervalo de 800 ms, la ejecución disminuyó con la práctica en horas diurnas este intervalo en los tres días de registros (Día 1: Friedman=16.87,  $p<0.05$ ; Día 2: Friedman=16.97,  $p<0.05$ ; Día 3: Friedman=16.99,  $p<0.05$ ), disminuyendo de un 90% a un 80% del primero al último registro. Por lo tanto, estos resultados indican que los participantes no respondieron eficientemente a dos estímulos dentro del parpadeo atencional en horas diurnas y, además, presentaron un leve deterioro (de alrededor del 10%) en la ejecución en intervalos largos, posteriores al parpadeo atencional. Este deterioro no es mayor que el producido por el parpadeo atencional (Figura 14).



**Figura 12.** Ejecución en los primeros 12 registros de la tarea de PVSR en el registro control. Los puntos negros representan las respuestas al E1 y los puntos blancos las respuestas al E2. El eje X indica las respuestas registradas en cada intervalo del E2, mientras que el eje Y indica el porcentaje de respuestas correctas. El indicador del parpadeo atencional fue la diferencia entre la ejecución del E2 en intervalos dentro del parpadeo atencional (200 ms) y después de este (800 ms). \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.005$ , \*\*\* $p < 0.001$ .



**Figura 13.** Ejecución en los últimos 12 registros de la tarea de PVSR en el registro control. Los puntos negros representan las respuestas al E1 y los puntos blancos las respuestas al E2. El eje X indica las respuestas registradas en cada intervalo del E2, mientras que el eje Y indica el porcentaje de respuestas correctas. El indicador del parpadeo atencional fue la diferencia entre la ejecución del E2 en intervalos dentro del parpadeo atencional (200 ms) y después de este (800 ms). \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.005$ , \*\*\* $p < 0.001$ .



**Figura 14.** Parpadeo atencional en el registro control. El eje X corresponde a las 24 sesiones en tres días sucesivos (señalados con línea cortada), mientras que el eje Y representa el porcentaje de respuestas correctas del E2 en los intervalos de 200 (círculos blancos) y de 800 ms (círculos negros).

### Discusión del registro control

El objetivo principal del grupo control en este estudio fue analizar el efecto de la práctica en la tarea de PVSR. Esta medida se consideró debido a que se ha propuesto en anteriores estudios, que existe un efecto de práctica en versiones similares de la tarea utilizada. Los datos indican que la baja eficiencia en el parpadeo atencional persiste en horas diurnas incluso después de 24 sesiones de registro. Además, la eficiencia en el intervalo de parpadeo atencional es

significativamente menor que en intervalos largos (800 ms), lo cual constituye el indicador del parpadeo atencional en este estudio.

Una variación adicional fue encontrada en los intervalos largos y se reflejó en una disminución en la ejecución en los últimos registros durante los tres días. Esta disminución en la ejecución es de un 10% (de 90 a 80%), siendo aun así más alta que en el intervalo de parpadeo atencional (70%). Por lo tanto, se considera que esta disminución es leve y puede ser relacionada con el incremento en la somnolencia y el cansancio. Además, los participantes durmieron 8 horas en los días previos al registro, por lo que el aumento en estas variables no se debe a que hayan estado privados de sueño. De hecho, sólo un participante presentó privación de sueño durante los días de registro, y sus datos se excluyeron del análisis grupal.

### **Conclusiones del registro control**

- Los datos indican que la práctica no mejora la ejecución en el intervalo de parpadeo atencional.
- La ejecución en los intervalos de 800 ms no mejora con la práctica, de hecho, disminuye ligeramente conforme incrementa el cansancio.

## **Registro experimental**

### *Datos generales de los participantes*

La clave del participante, las edades, las fechas de registro, el puntaje en la Autoevaluación de la Fase Circadiana y el inicio del ciclo menstrual se muestran en la Tabla 3. De acuerdo con la Autoevaluación de la Fase Circadiana, 14 del registro experimental, tienen una puntuación correspondiente a un cronotipo intermedio (sin tendencia madrugadora o trasnochadora) y 4 son moderadamente nocturnos (PE05, PE09, PE15 y PE16).

### *Temperatura rectal*

El ritmo circadiano de la temperatura rectal constituye un indicador fisiológico del sistema temporal circadiano. De los 18 registros de temperatura rectal por minuto del registro experimental, en un participante (PE01), no se obtuvo el registro completo por un error en la conexión con el registrador de datos, además, dos de los registros de los participantes restantes tuvieron ruido. En uno de ellos (PE15), la eliminación de las lecturas con interferencia impidió que los datos pudieran procesarse, mientras que en el otro (PE05), hubo menos registros perdidos, y fue posible calcular los datos faltantes utilizando medias móviles de tres puntos (Figura 15).

Los 16 participantes con registro completo de temperatura rectal presentaron variaciones circadianas de acuerdo con el análisis Cosinor (Tabla 4). Trece

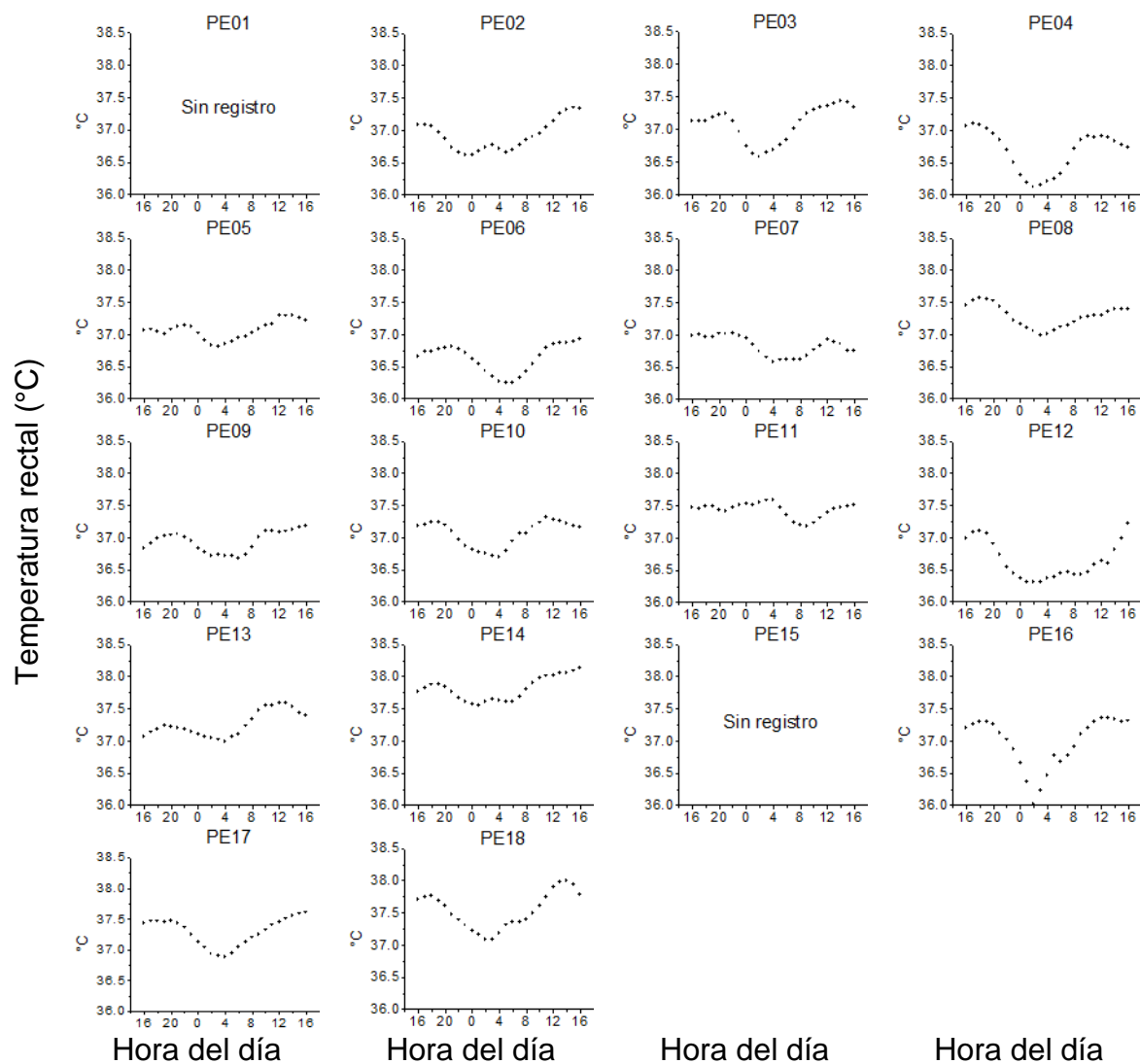


participantes tuvieron una acrofase similar (13:44-16:41 h), dos participantes (PE07 y PE11) tuvieron una acrofase retrasada (18:52 y 20:41 h), y una participante (PE13) tuvo una acrofase adelantada (a las 12:28 h).

**Tabla 3.** Datos generales de los participantes del registro experimental

Participante	Edad	AFC	Menstruación (última reportada)	Fecha de registro
PE01	20	52	---	6-7/09/2016
PE02	17	53	---	6-7/09/2016
PE03	17	55	---	8-9/09/2016
PE04	17	42	---	8-9/09/2016
PE05	19	38	---	13-14/09/2016
PE06	18	50	28/07/2016	13-14/09/2016
PE07	17	44	01/08/2016	22-23/09/2016
PE08	18	55	---	27-28/09/2016
PE09	19	34	---	27-28/09/2016
PE10	17	52	---	29-30/09/2016
PE11	18	42	---	29-30/09/2016
PE12	17	57	22/07/2016	4-5/10/2016
PE13	18	43	09/08/2016	4-5/10/2016
PE14	20	53	09/09/2016	6-7/10/2016
PE15	20	39	---	6-7/10/2016
PE16	17	36	30/07/2016	11-12/10/2016
PE17	19	47	---	11-12/10/2016
PE18	17	47	04/09/2016	13-14/10/2016
Promedio	18.0	46.61		
	6			
DE	1.16	7.14		

AFC= Autoevaluación de la Fase Circadiana, puntajes bajos indican una tendencia trasnochadora y puntajes alto, una tendencia madrugadora. DE= Desviación Estándar. La fecha de menstruación no se registró en el grupo control.



**Figura 15.** Temperatura rectal de los 18 participantes del registro experimental. El eje vertical corresponde a la temperatura rectal en grados Celsius (°C), mientras que el eje horizontal representa la hora del día. Los registros de PE01 y PE15 no pudieron ser analizados.

**Tabla 4.** Acrofases de la temperatura rectal del grupo experimental obtenida por el análisis Cosinor.

Participante	Mesor °C	Amplitud °C	Acrofase (hora del día)	Ajuste sinusoidal (%R)	
PE01			Sin registro		
PE02	36.91	0.30	14:08	86.70%	***
PE03	37.07	0.34	14:14	80.40%	***
PE04	36.66	0.39	15:16	78.70%	***
PE05	37.06	0.16	14:34	66.20%	***
PE06	36.63	0.26	16:35	78.20%	***
PE07	36.82	0.19	18:52	74.00%	***
PE08	37.28	0.22	16:41	87.70%	***
PE09	36.93	0.18	15:19	65.70%	***
PE10	37.05	0.26	14:13	85.00%	***
PE11	37.43	0.11	21:41	45.40%	***
PE12	36.63	0.36	16:40	83.10%	***
PE13	37.25	0.23	12:28	68.10%	***
PE14	37.80	0.23	13:44	84.40%	***
PE15			Sin registro		
PE16	36.96	0.48	14:51	81.90%	***
PE17	37.28	0.30	15:47	92.40%	***
PE18	37.52	0.38	14:29	94.50%	***
Promedio	37.08	0.27	15:36	78.28%	
DE=	0.33	0.10	02:21	12.26%	

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.005$ , \*\*\*  $p < 0.001$

#### Ciclo de vigilia-sueño

Los datos sobre el dormir de los participantes se clasificaron en días de entre semana y días de fin de semana (Tabla 5). En promedio, los participantes del registro experimental se acostaron entre semana a las 00:10 y se levantaron a las 08:03 h, durmiendo 7:53 horas. Mientras que el fin de semana se acostaron una hora más tarde, a las 01:02 y se levantaron también más tarde, a las 09:27 h, durmiendo 8:25 horas.

**Tabla 5.** Promedios de horas de inicio, término y duración del dormir de los participantes del registro experimental.

Día	Hora de inicio	Hora de término	Duración del dormir
ES-01	23:54	07:48	07:54
ES-02	00:00	08:03	08:04
ES-03	00:34	07:55	07:21
ES-04	00:03	07:36	07:33
ES-05	00:11	08:28	08:16
ES-06	00:34	08:09	07:35
ES-07	00:12	08:09	07:57
ES-08	00:06	08:00	07:54
ES-09	23:57	08:24	08:27
ES-10	00:09	07:53	07:44
Promedio ES	00:10	08:03	07:53
DE ES	00:14	00:16	00:20
FS-01	01:10	09:22	08:12
FS-02	00:37	09:14	08:37
FS-03	01:19	09:17	07:58
FS-04	01:01	09:54	08:53
Promedio FS	01:02	09:27	08:25
DE FS	00:18	00:19	00:25

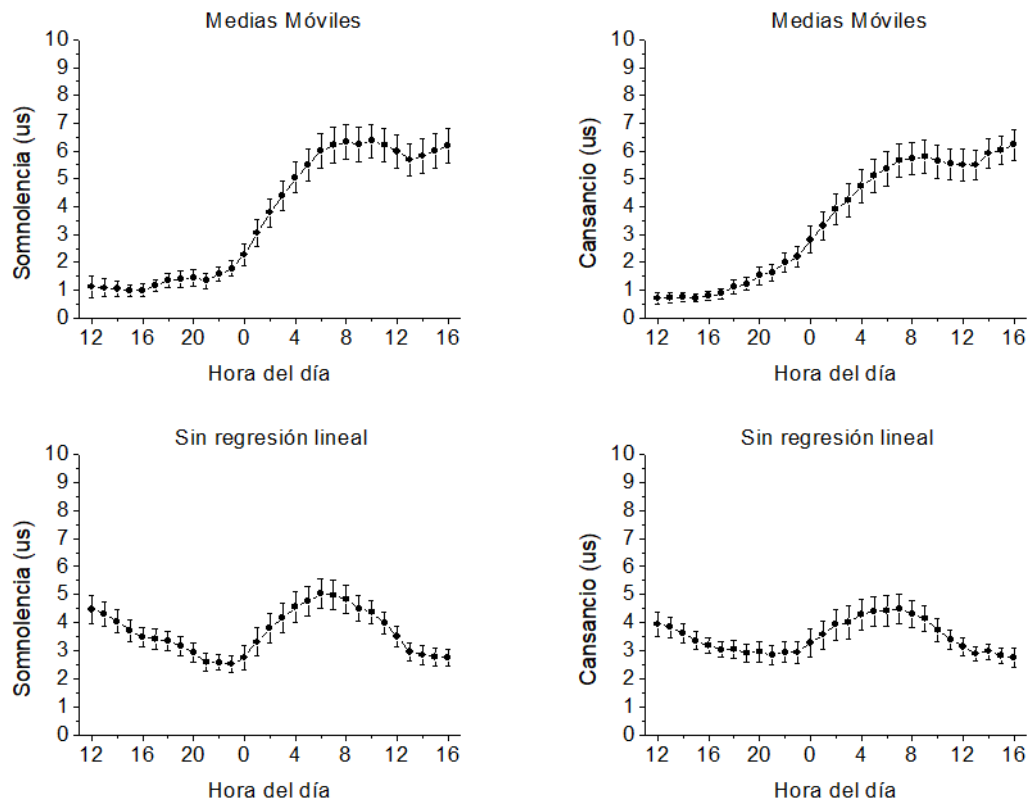
ES= Entre semana, FS= Fin de semana, DE= Desviación estándar. Se presentan los promedios de dos semanas de auto registro del ciclo vigilia-sueño, 10 días ES y 4 días FS.

### *Somnolencia y cansancio*

La somnolencia y el cansancio difirieron en horas diurnas. La somnolencia se mantuvo constante en el periodo de 12:00-20:00 h (Friedman: 11.82,  $p=0.16$ ), mientras que el cansancio tuvo un incremento (Friedman: 35.80,  $p<0.001$ ) de 1 punto en la escala de 10, por lo que esta variación se considera leve y puede ser reflejo del factor homeostático.

Además, ambas variables mostraron un aumento progresivo conforme transcurrieron los registros debido a la privación de sueño, por lo que, para analizar las variaciones cíclicas (factor circadiano), se sustrajeron las

variaciones reflejadas en la tendencia lineal de los datos (factor homeostático). En este procedimiento se calculó y se restó la regresión lineal. Después de este procedimiento, se encontraron variaciones significativas en la somnolencia (Friedman=284.95,  $p<0.001$ ) y en el cansancio (Friedman=107.12,  $p<0.001$ ), teniendo una menor intensidad cerca del punto más alto de temperatura rectal, entre las 16:00 y las 18:00 h de acuerdo con el análisis Cosinor (Tablas 6 y 7). Las medias móviles de los datos y la resta de la regresión lineal aparecen por hora en la Figura 16.



**Figura 16.** Promedios grupales de la somnolencia y el cansancio del registro experimental. En el eje vertical aparecen la somnolencia (izquierda) y el cansancio (derecha) en unidades subjetivas mientras que en el eje horizontal aparecen las 29 sesiones continuas por hora, del grupo experimental.

**Tabla 6.** Batifases de la somnolencia del grupo experimental obtenida por el análisis Cosinor

Participante	Mesor °C	Amplitud °C	Acrofase (hora del día)	Ajuste sinusoidal (%R)	
PE01†	3.14	1.10	08:48	27.20%	*
PE02	4.59	1.73	24:21	31.80%	*
PE03	8.18	1.40	06:00	4.00%	0.68
PE04	1.07	0.71	05:47	23.20%	*
PE05	6.67	10.21	---	9.60%	0.35
PE06	5.19	2.17	08:34	47.20%	***
PE07	2.99	0.89	08:35	24.40%	*
PE08	3.78	0.80	09:43	61.40%	***
PE09	3.77	0.40	09:35	20.20%	0.08
PE10	6.08	2.87	04:47	69.70%	***
PE11	2.84	1.13	13:31	38.00%	**
PE12	0.63	0.41	03:54	33.00%	*
PE13	3.38	1.32	07:59	49.20%	***
PE14	3.21	0.72	07:50	43.10%	**
PE15†	4.03	2.10	07:13	55.50%	***
PE16	4.84	1.70	08:26	36.30%	*
PE17	3.47	0.46	08:24	25.60%	*
PE18	4.93	2.08	05:02	63.90%	***
Promedio	4.10	1.81	17:40	36.29%	
DE=	1.93	2.35	04:55	18.83%	

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.005$ , \*\*\*  $p < 0.001$

† Los datos de PE01 y PE15 no son considerados en los promedios. Los registros analizados en esta variable incluyen sólo a los participantes con registro de temperatura rectal.

**Tabla 7.** Batifases del cansancio del grupo experimental obtenida por el análisis Cosinor

Participante	Mesor	Amplitud	Acrofase (hora del día)	Ajuste sinusoidal (%R)	
PE01†	1.49	0.72	03:08	71.20%	***
PE02	4.83	0.65	01:34	24.00%	*
PE03	---	---	---	---	---
PE04	3.06	0.61	04:18	55.00%	***
PE05	2.07	1.00	07:34	54.80%	***
PE06	5.23	2.12	06:23	86.50%	***
PE07	3.17	0.66	09:40	53.70%	***
PE08	3.16	1.32	07:01	62.60%	***
PE09	3.58	0.46	09:14	21.60%	0.07
PE10	5.58	2.70	02:43	73.70%	***
PE11	2.66	1.32	14:09	88.50%	***
PE12	1.14	0.31	01:14	43.00%	**
PE13	3.92	1.63	07:23	74.60%	***
PE14	1.63	0.26	07:41	11.20%	0.27
PE15†	1.32	0.65	13:23	57.80%	***
PE16	4.82	1.50	07:45	80.60%	***
PE17	4.75	0.89	02:53	82.10%	***
PE18	5.75	2.09	04:08	88.50%	***
Promedio	3.69	1.17	15::47	60.03%	
DE=	1.45	0.73	05:52	25.61%	

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.005$ , \*\*\*  $p < 0.001$

† Los datos de PE01 y PE15 no son considerados en los promedios. Los registros analizados en esta variable incluyen sólo a los participantes con registro de temperatura rectal.

### *Presentación Visual Serial Rápida*

El indicador del parpadeo atencional se presentó en todos los registros. Sin embargo, la definición conceptual del parpadeo atencional implica que el primer estímulo es procesado eficientemente respecto al segundo, lo que no ocurrió en todos los registros debido a que la eficiencia para responder a cualquier cantidad de estímulos disminuyó alrededor de la medianoche (Figuras 17 y 18). Sin embargo, estos parámetros siguen indicando procesamiento simple (800 ms) y simultáneo (200 ms) de estímulos.

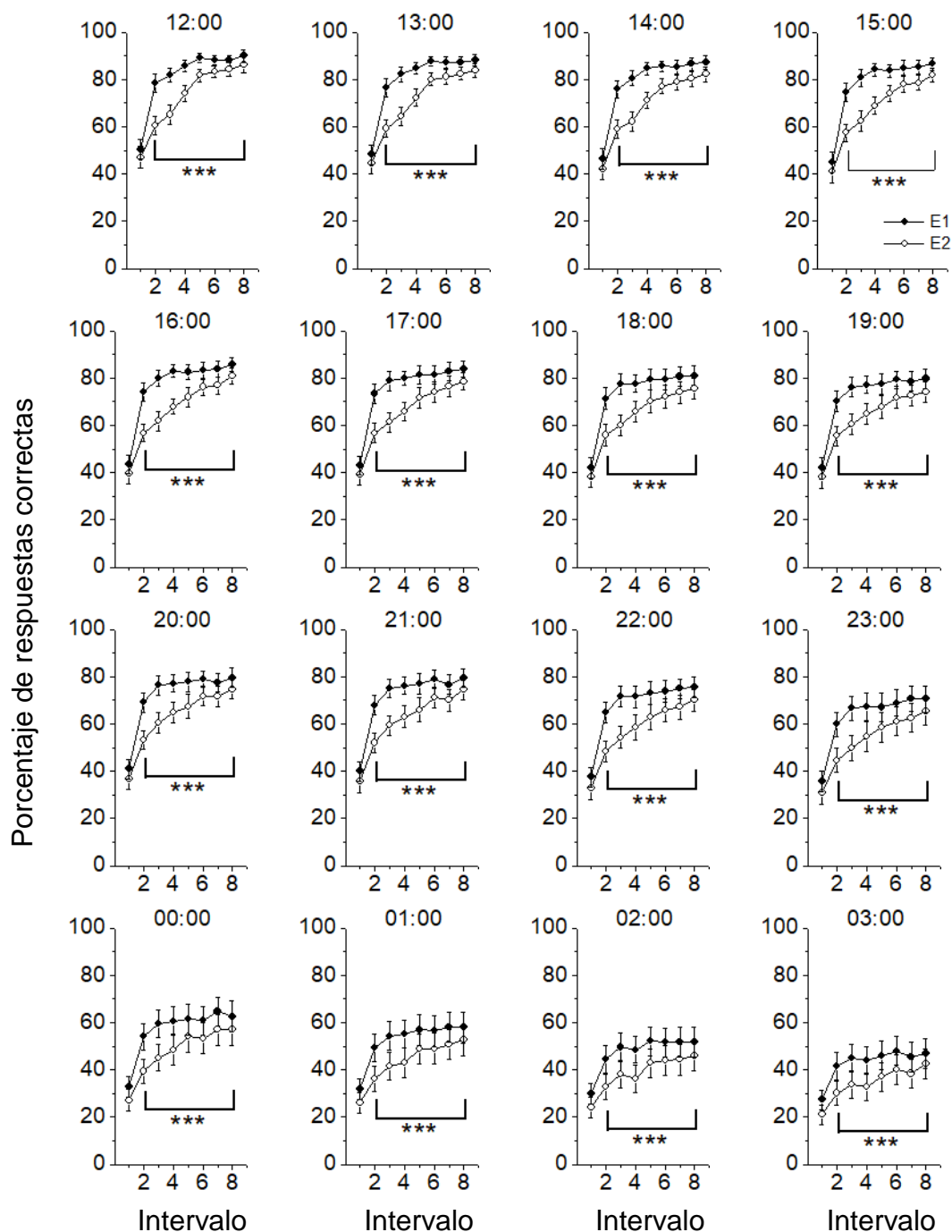
La ejecución del E2 en el intervalo de parpadeo atencional, se mantuvo constante cerca del 60% en horas diurnas (Friedman: 11.16  $p=0.20$ ), y mostró un deterioro progresivo conforme la sesiones, hasta un 20% cerca de las 06:00 h. Al restar la regresión lineal, se encontraron variaciones circadianas en las respuestas de este intervalo (Friedman: 164.35,  $p<0.001$ ), y según el análisis Cosinor su acrofase promedio ocurre a las 17:41 h (Tabla 8). Por lo tanto, los participantes no respondieron eficientemente a dos estímulos dentro del parpadeo atencional en ningún momento del día. Además, después de medianoche ocurrió una disminución progresiva en la ejecución con variaciones circadianas que limita aún más el procesamiento en este intervalo.

La ejecución del E2 en el intervalo de 800 ms disminuyó en promedio un 12% en horas diurnas (Friedman: 49.10,  $p<0.001$ ). Además, desde las 20:00 h tuvo una disminución progresiva hasta llegar a un 20 % de eficiencia cerca de las 06:00 h, como ocurrió con las respuestas al intervalo de 200 ms. Después de restar la regresión lineal, se encontraron variaciones circadianas (Friedman: 184.76,  $p<0.001$ ) con una acrofase a las 17:41. Los datos de los dos intervalos se presentan después de haber sido suavizados con medias móviles y después de restar la regresión tendencia lineal (Figura 19).

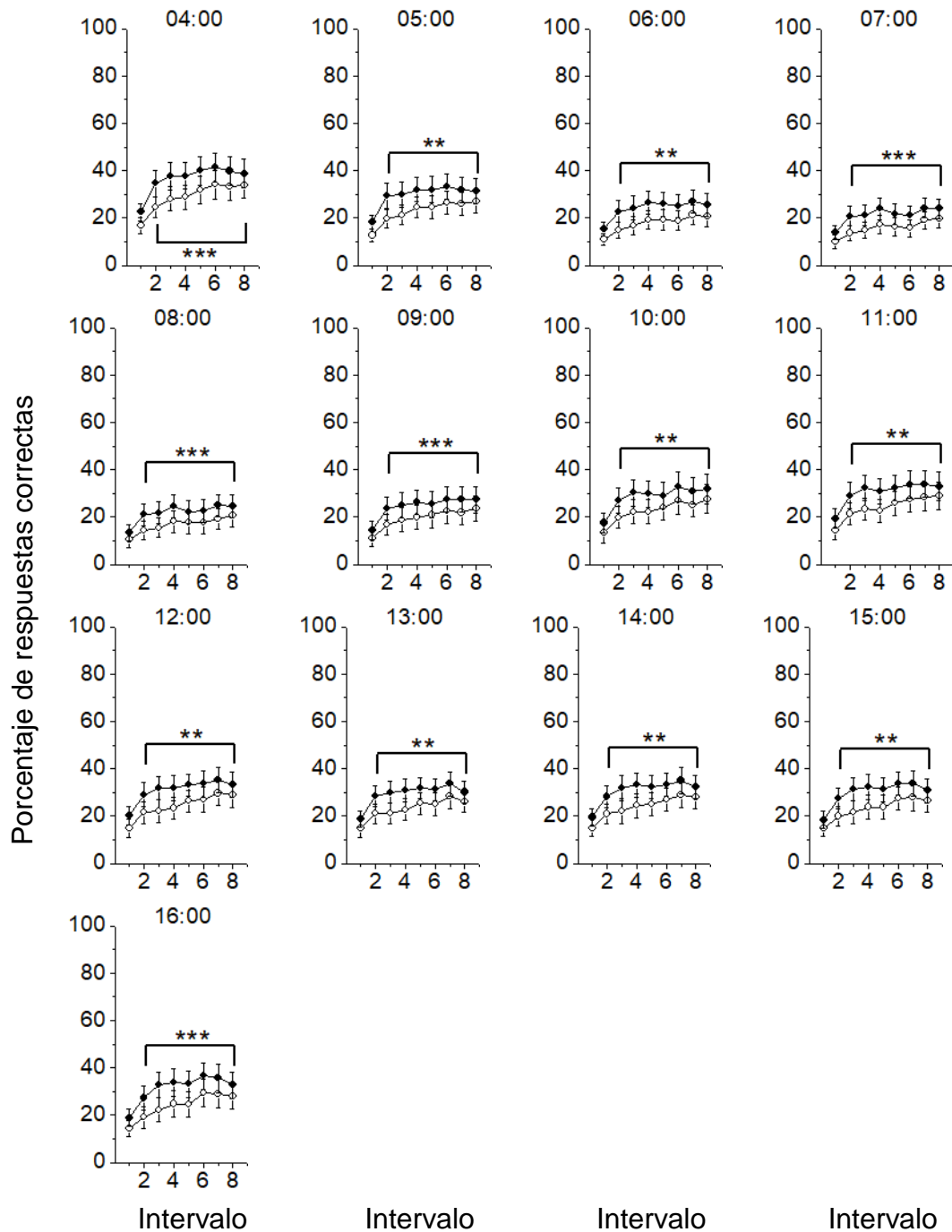
Los resultados indican que la ejecución en el intervalo de parpadeo atencional presentó variaciones circadianas con una acrofase alrededor de las 18:00 h. Estas variaciones se encontraron en relación de fase de dos horas con la acrofase de temperatura rectal (alrededor de las 16:00 h). Las variaciones en



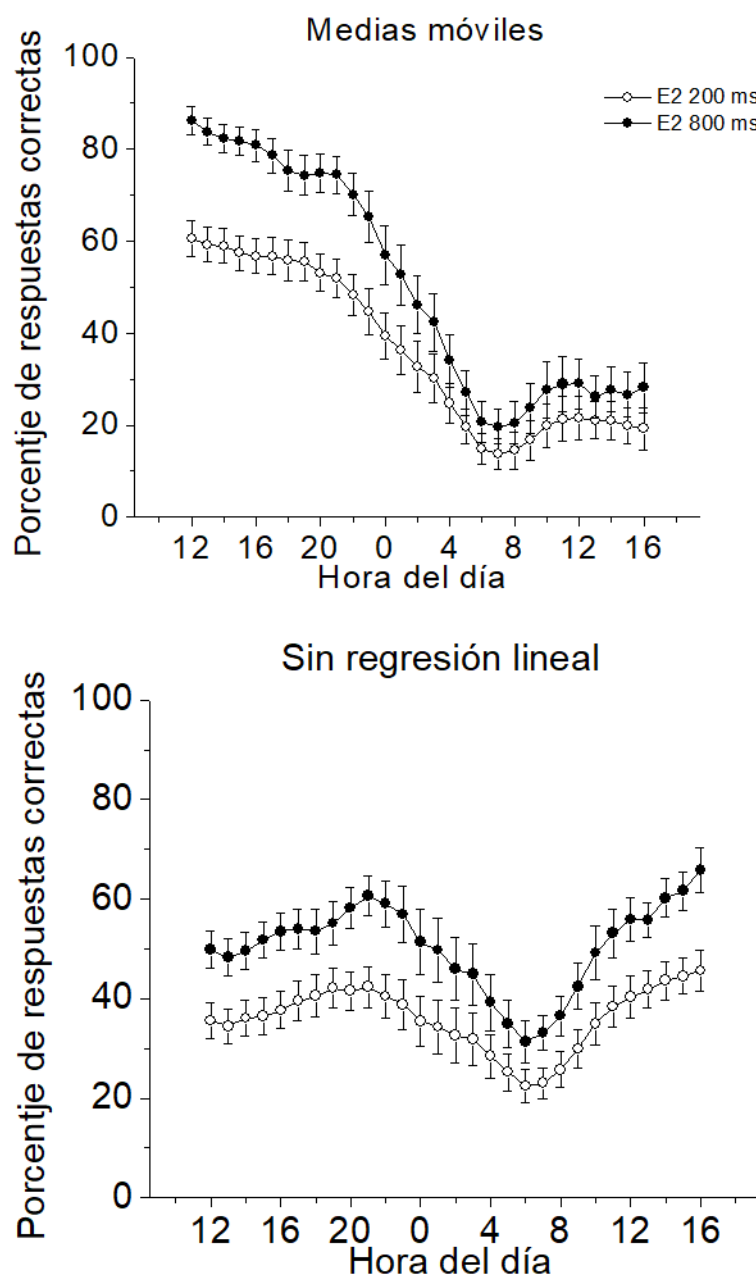
la temperatura mostraron una relación de fase de dos horas respecto a la batifase de la somnolencia (cerca de las 18:00 h), y con una relación con fase 0 respecto a la batifase de cansancio (alrededor de las 16 h). Además, la acrofase de temperatura rectal presentó una relación de fase de dos horas, respecto a la alerta tónica (E2 de 800 ms, acrofase a las 18:00 h). Las diferencias entre las acrofases de temperatura rectal y las demás variables fueron calculadas utilizando una prueba T de Wilcoxon (Tabla 9).



**Figura 17.** Ejecución en los primeros 16 registros de la tarea de PVSR en el registro experimental. Los puntos negros representan las respuestas al E1 y los puntos blancos las respuestas al E2. El eje X indica las respuestas registradas en cada intervalo del E2, mientras que el eje Y indica el porcentaje de respuestas correctas. El indicador del parpadeo atencional fue la diferencia entre la ejecución del E2 en intervalos dentro del parpadeo atencional (200 ms) y después de este (800 ms). \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.005$ , \*\*\* $p < 0.001$ .



**Figura 18.** Ejecución en los últimos 13 registros de la tarea de PVSR en el registro experimental. Los puntos negros representan las respuestas al E1 y los puntos blancos las respuestas al E2. El eje X indica las respuestas registradas en cada intervalo del E2, mientras que el eje Y indica el porcentaje de respuestas correctas. El indicador del parpadeo atencional fue la diferencia entre la ejecución del E2 en intervalos dentro del parpadeo atencional (200 ms) y después de este (800 ms). \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.005$ , \*\*\* $p < 0.001$ .



**Figura 19.** Parpadeo atencional en el registro experimental. El eje X corresponde a las 29 sesiones sucesivas, mientras que el eje Y representa el porcentaje de respuestas correctas del E2 en los intervalos de 200 (círculos blancos) y de 800 ms (círculos negros).

**Tabla 8.** Acrofases de la ejecución en el intervalo de parpadeo atencional del grupo experimental obtenida por el análisis Cosinor

Participante	Mesor	Amplitud	Acrofase (hora del día)	Ajuste sinusoidal (%R)	
PE01†	22.22	8.44	20:08	51.40%	***
PE02	35.90	11.86	18:10	47.50%	***
PE03	26.93	16.69	15:40	84.70%	***
PE04	24.30	5.32	16:17	80.10%	***
PE05	61.52	7.77	15:36	38.30%	*
PE06	38.51	9.64	19:32	60.30%	***
PE07	37.79	10.31	19:20	73.60%	***
PE08	41.36	18.79	22:02	79.60%	***
PE09	27.97	16.18	14:21	65.60%	***
PE10	16.01	7.65	14:58	78.40%	***
PE11	44.28	11.43	23:52	55.70%	***
PE12	78.40	12.36	18:23	36.80%	*
PE13	9.01	6.59	13:58	69.70%	***
PE14	78.40	12.36	18:23	36.80%	*
PE15†	26.29	6.69	18:40	29.40%	*
PE16	41.75	6.15	17:54	28.70%	*
PE17	24.33	10.94	16:08	70.50%	***
PE18	34.86	18.70	18:15	68.70%	***
Promedio	38.83	11.42	17:41	60.94%	
DE=	19.68	4.32	02:42	18.11%	

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.005$ , \*\*\*  $p < 0.001$

† Los datos de PE01 y PE15 no son considerados en los promedios. Los registros analizados en esta variable incluyen sólo a los participantes con registro de temperatura rectal.

**Tabla 9.** Análisis estadístico de la temperatura rectal, la somnolencia, el cansancio y las respuestas a la tarea de PVSR durante las sesiones del registro experimental.

		Regresión lineal (coeficiente beta)	F	Análisis Cosinor de la fase circadiana (h.min)	%R	Diferencia de fase respecto a la temperatura rectal (h.min)	T
Medida fisiológica	Temperatura rectal	0.10	262.62***	15:36±2.21	78.28***		
Medidas subjetivas	Somnolencia (batifase) Cansancio (batifase)	0.90*** 0.90***	284.95*** 311.54***	17:40±04:55 15:47±05:52	36.29** 60.03***	01:55±0653 00:05±06:55	18* 29
Tarea de PVSR							
Intervalo de E2	100 ms	-0.85***	165.26***	17:10±02:12	47.80**	01:34±01:44	13**
	200 ms	-0.85***	164.35***	17:41±02:42	60.94***	02:05±01:44	4***
	300 ms	-0.86***	188.49***	17:56±02:33	59.80***	02:21±01:45	4***
	400 ms	-0.87***	190.16***	17:21±02:42	61.03***	01:45±01:55	15.5**
	500 ms	-0.87***	176.27***	17:34±02:54	57.57***	01:58±02:10	19*
	600 ms	-0.86***	181.82***	17:33±02:42	58.06***	01:57±01:51	10**
	700 ms	-0.86***	204.94***	17:24±02:32	62.11***	01:48±01:37	8**
	800 ms	-0.87***	184.75***	17:41±02:29	55.49***	02:05±01:36	3***

Los valores presentados son promedios ± desviaciones estándar. F = Prueba ANOVA de Friedman, %R = porcentaje de ajuste a una onda sinusoidal, T = Prueba de Wilcoxon. \*p < 0.05; \*\*p < 0.01; \*\*\*p < 0.001.

**Discusión del registro experimental**

Los datos indican que los participantes no son capaces de responder eficientemente a dos estímulos dentro del intervalo de parpadeo atencional en ningún momento del día. En horas diurnas la capacidad se mantiene limitada y constante, y después de medianoche su eficiencia disminuye igual que la capacidad para responder a un sólo estímulo. Además, la respuesta a un solo estímulo tuvo una variación adicional a la circadiana, debido a que, en horas diurnas, su eficiencia disminuyó ligeramente, sin llegar a ser tan baja como la del intervalo de parpadeo atencional.

El ritmo circadiano del límite atencional mantiene relaciones de fase con los ritmos en las demás variables (principalmente la temperatura rectal), lo que sugiere que las oscilaciones en el límite atencional se relacionan con las demás oscilaciones del sistema temporal circadiano. Estos datos confirman la hipótesis principal de este trabajo.

### **Conclusiones del registro experimental**

- La capacidad para responder a dos estímulos en el intervalo de parpadeo atencional es deficiente en cualquier momento del día.
- La ejecución en el intervalo de parpadeo atencional presentó variaciones homeostáticas y circadianas que mantienen una relación de fase con la temperatura rectal, la somnolencia y el cansancio.
- La capacidad para responder a un sólo estímulo presentó variaciones homeostáticas y circadianas que mantienen una relación de fase con la temperatura rectal, la somnolencia y el cansancio.



## **CAPÍTULO V. Discusión general**

En este capítulo se analizan los resultados de las variaciones del límite atencional a lo largo del día. Posteriormente se plantean las implicaciones teóricas y prácticas de los resultados de este trabajo. Finalmente, se presentan las conclusiones de este trabajo.

### *Variaciones circadianas en el parpadeo atencional*

Los datos de las horas diurnas del registro experimental coinciden con los del registro control, y sugieren que las personas no son capaces de procesar eficientemente dos estímulos de forma simultánea en horas diurnas. En las primeras horas de la noche (alrededor de las 20:00 h), ocurrió una disminución progresiva en la ejecución, relacionada con el incremento en las variables subjetivas de somnolencia y cansancio.

Estos datos en conjunto sugieren que el factor homeostático causa un deterioro adicional sobre el del límite atencional durante la noche. Esta disminución en la ejecución alcanzó su punto más bajo durante la madrugada y se recuperó por la mañana. Al calcular y restar la regresión lineal a los datos de cada participante, se encontraron variaciones circadianas en la ejecución con un retraso de fase de dos horas con respecto al ritmo circadiano de la temperatura rectal.

Debido a que el parpadeo atencional se refiere al procesamiento simultáneo de múltiples estímulos, puede afirmarse que las personas no son capaces de procesar eficientemente dos o más estímulos separados por intervalos cortos en ningún momento del día, incluso la probabilidad de errores incrementa durante el día con la acumulación de la somnolencia y el cansancio, y en específico en las horas de la madrugada (en la batifase de la temperatura corporal). La deficiencia en la ejecución en el parpadeo atencional en horas diurnas concuerda con los datos reportados por Enns et al., (2017), respecto a que la práctica en horas diurnas no reduce ni elimina el parpadeo atencional.

Los resultados de este estudio difieren de aquellos que plantean que el parpadeo atencional puede ser atenuado (Nakatani, Baijal y Van Leeuwen, 2012; Maki y Padmanabhan, 1994; Shin, Chang y Cho, 2015), e incluso eliminado (Choi et al., 2012), mediante un efecto de aprendizaje derivado de la práctica. Estos estudios presentan limitaciones en cuanto a su protocolo de registros, pues cuentan con pocas evaluaciones para identificar un efecto de aprendizaje o bien realizan pocas sesiones separadas por días en los que la ejecución en el intervalo de parpadeo atencional puede mejorar debido a que las personas duermen entre los días de registro (Cellini et al., 2015).

Otra limitación en estos estudios consiste en que las tareas de PVSR contienen un E2 con un color sobresaliente y con una posición fija (por ejemplo, siempre rojo y 200 ms después de E1), por lo que se ha sugerido que este aprendizaje más bien refleja el desarrollo de expectativas ante

características específicas (Tang, Badcock y Viesser, 2013). En este trabajo, los estímulos fueron del mismo color y sólo fueron diferentes en categoría (números y letras). El uso del mismo color en los estímulos y los distractores, así como la posición aleatoria del E2 se consideraron claves para la evaluación precisa del parpadeo atencional.

Además, los resultados de este estudio también difieren de los resultados del estudio de Bratzke, Rolke y Ulrich (2007), en el cual, se utilizó una tarea que midió la velocidad de reacción en el procesamiento de dos estímulos. Al utilizar esta tarea como indicador del procesamiento central, este estudio verificó que los tiempos de reacción se incrementan durante la noche y temprano por la mañana. Sin embargo, la capacidad para procesar correctamente dos estímulos simultáneos permaneció constante y con una ejecución eficiente, hecho contrario a las variaciones homeostáticas y circadianas reportadas en este estudio.

#### *Variaciones en la respuesta al E2 con intervalos largos*

Los estímulos separados por intervalos largos (800 ms), fueron incluidos como indicadores de un procesamiento eficiente del segundo estímulo, similar al procesamiento de un solo estímulo. Sin embargo, la práctica tuvo un efecto en la capacidad para responder a estímulos con intervalos largos en horas diurnas, que se caracterizó por un leve deterioro en la ejecución, lo cual se

propone que se debió a la fatiga. Además de influenciarse por indicadores homeostáticos, la ejecución en los intervalos largos también presentó un punto mínimo durante la madrugada que comprueba que la respuesta en estos intervalos también presentó variaciones circadianas.

Las variaciones en horas diurnas en el procesamiento de dos estímulos separados por intervalos largos concuerdan con las variaciones en la ejecución reportadas por estudios anteriores (Shin, Chang y Cho, 2015; Enns et al., 2017). Respecto a las variaciones circadianas del E2 con intervalos largos, es posible relacionarlo las variaciones circadianas ya conocidas en el componente de alerta tónica de la atención (Valdez, 2005). Dicho componente consiste en la capacidad de responder a cualquier estímulo.

### *Implicaciones teóricas*

Los resultados de esta investigación se relacionan con diferentes campos como la neuropsicología, la psicología cognoscitiva y la cronobiología. Primero, en la búsqueda de un sustrato cerebral del parpadeo atencional, una de las estructuras propuestas es el sistema conocido como Locus Coeruleus-Norepinefrina (LC-NE) (Nieuwenhuis et al., 2005).

Anteriormente se ha propuesto que las neuronas del locus coeruleus producen una respuesta fásica ante estímulos novedosos y representativos (en este estudio, E1 y E2). Esta respuesta fásica sólo se presenta en estímulos representativos y no ocurre con los distractores, además, la respuesta tiene

una latencia de inicio aproximada de 100 ms y un periodo refractario que dificulta que se produzca nuevamente hasta después de 450 ms de la presentación del primer estímulo (por ejemplo, el E1) (Aston-Jones, Rajkowski, Kubiak y Alexinsky, 1994; Nieuwenhuis et al., 2005). Este intervalo coincide con el intervalo de parpadeo atencional. Además, se ha demostrado que la secreción de norepinefrina en el locus coeruleus sigue variaciones circadianas con una fase similar a la reportada en el límite atencional en este estudio (Semba, Toru y Mataga, 1984). Por lo tanto, la respuesta fásica de norepinefrina y su disponibilidad en el locus coeruleus a lo largo del día podrían relacionarse con la ejecución en el límite atencional.

Las implicaciones importantes en la psicología cognoscitiva se refieren al efecto de práctica en las tareas de PVS. La práctica en el parpadeo atencional en horas diurnas reportada en este registro coincidió con un estudio que reporta que el parpadeo atencional no mejora con la práctica (Enns et al., 2017).

Finalmente, respecto a las implicaciones en el campo de la cronobiología, las variaciones en la ejecución en el intervalo de límite atencional fueron afectadas por los factores homeostático y circadiano, concordando con la teoría bifactorial de Borbély. En horas diurnas, el factor homeostático no genera un efecto de suma sobre la baja capacidad en el límite atencional. Sin embargo, en las primeras horas de la noche, el límite atencional disminuye

relacionándose con las variaciones en la somnolencia, el cansancio y la temperatura rectal.

### *Implicaciones prácticas y metodológicas*

Los resultados de este estudio sobre las variaciones en el límite atencional a lo largo del día tienen distintas implicaciones prácticas en las actividades laborales y de ocio, la salud, la educación, así como implicaciones metodológicas en el campo de investigación. Enseguida se describen las implicaciones específicas.

Las actividades laborales y de ocio frecuentemente incluyen el procesamiento de múltiples estímulos de forma simultánea en una determinada tarea. Los resultados de este estudio concuerdan con la vasta evidencia sobre la existencia de un límite atencional de acuerdo con indicadores como el Periodo Refractario Psicológico (Telford, 1931, Pashler, 1994), y el parpadeo atencional (Raymond, Shapiro y Arnell, 1992; Dux y Marois, 2009).

El límite atencional se presenta en la vida diaria al ejecutar una o más actividades, en la cuales el número de estímulos en el ambiente sobrepasa la capacidad de estímulos que un ser humano puede procesar, por ejemplo, una persona puede confundir a su propia hija entre una multitud de niños en la escuela debido al exceso de estímulos correspondientes a rasgos faciales, por lo que la persona podría lograr encontrar a su hija por un rasgo sobresaliente

como el color del listón de su cabello (Kanwisher, 2014). Además, estudios anteriores (Pashler, 1994) sugieren que el límite atencional es un indicador en la deficiencia en al menos una de las tareas durante la multitarea.

Actualmente existe una opinión dividida respecto a los efectos de la práctica sobre la multitarea, dado que algunos estudios sugieren que el desempeño puede mejorar con la práctica (Ruthruff, Johnston, y Van Selst, 2001; Dux, Tombu, Harrison, Rogers, Tong y Marois, 2009) y otros argumentan que, aunque la ejecución puede mejorar, eventualmente tiende a decaer con la práctica prolongada (Adler y Benbunan-Fich, 2011; Kc, 2013). Los resultados de este estudio sugieren que, al responder a dos estímulos separados por intervalos cortos, la eficiencia para responder al segundo de ellos será menor que cuando se procesan los estímulos de forma individual. Esta incapacidad para procesar estímulos muy cercanos temporalmente puede afectar el desempeño de las personas cuyas actividades demandan el procesamiento rápido de múltiples estímulos.

Por otro lado, la práctica de múltiples estímulos puede deteriorarse todavía más durante la noche, en la hora que se presentan actividades laborales en turnos nocturnos o rotatorios, o actividades de ocio como las fiestas. Los resultados de este estudio coinciden con los de estudios que han observado que durante la noche disminuye la ejecución, lo que se refleja en una reducción en la productividad y un incremento en la probabilidad de ocurrencia de errores

y accidentes en actividades laborales con turnos rotatorios como la industria, la salud, el transporte, la limpieza, entre otros (Costa 1996; Tucker, 2003).

Sin embargo, muchas de estas actividades requieren de forma crucial una ejecución eficiente, por lo que las variaciones circadianas en el límite atencional permiten conocer cuáles son los momentos críticos en los que la ejecución del límite atencional es más eficiente y cuándo es más deficiente. Algunos estudios sugieren que es posible atenuar el deterioro relacionado con la actividad en horas nocturnas con estrategias como tomar descansos entre actividades (Tucker, Folkard y Macdonald, 2003), tomar una siesta entre actividades (Sallinen, Härmä, Åkertsdet, Rosa y Lillqvist, 1997) o ajustar gradualmente la rotación del horario (Czeisler, Moore-Ede, Coleman, 1982).

Respecto a la salud, se ha encontrado que la ejecución en el límite atencional se deteriora en algunas condiciones clínicas como en pacientes con infarto cerebral en los lóbulos parietal y frontal derecho, así como en los ganglios basales (Husain, Shapiro, Martin y Kennard, 1997), el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (Armstrong y Munoz, 2003), la dislexia (Hari, Valta y Uutela, 1999), el Alzheimer (Kavcic y Duffy, 2003), y la esquizofrenia (Cheung, Chen, Chen, Woo y Yee, 2002). Es importante considerar cuáles son las mejores horas del día en la ejecución del límite atencional para realizar evaluaciones e intervenciones precisas en estos pacientes.



Sobre los efectos a corto plazo de mantenerse alerta durante la noche, los resultados de este estudio, al igual que en estudios anteriores (Valdez et al., 2005; Valdez et al., 2010; Ramírez et al., 1996; Valdez, 2005; García et al., 2012), comprueban que existe un efecto inmediato sobre las capacidades neuropsicológicas, lo que conlleva un incremento en la probabilidad de errores y accidentes. Además, existen efectos a largo plazo en el organismo al mantenerse activo durante las peores horas del límite atencional, ejemplo de esto son los trastornos en el sueño, en el sistema digestivo y en el sistema cardiovascular, además de condiciones psicológicas como la depresión (Smith, Colligan y Tasto, 1982; Costa, 1996; Åkerstedt, 2003; Folkard y Tucker, 2003).

En las implicaciones en la educación, de la misma forma que con las actividades laborales y de ocio, los horarios son uno de los principales factores que interfieren con el desempeño en la capacidad atencional de los estudiantes. Los estudiantes de los turnos matutino y nocturno, tienen actividades académicas en horas del día, donde la ejecución del límite atencional suele ser baja, mientras que para los estudiantes del turno vespertino, sus clases se toman en la hora de la acrofase del límite atencional, sin embargo, en estos turnos puede afectarse la eficiencia en el límite atencional por factores circadianos como el “*post lunch dip*”, que se refiere a una ligera variación en la oscilación de algunas variables circadianas, que ocurre cerca de la hora de la comida y justo antes de su acrofase (Monk, 2005).

En el caso específico del turno matutino, se ha propuesto modificar el horario habitual, retrasando la hora de inicio de las clases. Con el uso de esta estrategia, se han reportado más horas de sueño, menos somnolencia y una disminución en los tiempos de reacción durante la mañana e incluso en un mejor desempeño en matemáticas (Valdez, Ramírez y García, 2014).

Un factor adicional en la educación es la incorporación del uso de TICs, como, teléfonos inteligentes, tabletas y laptops (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017). El uso de la tecnología por parte de los estudiantes puede utilizarse con fines de complementar el contenido de una clase, pero también puede representar un distractor. Se ha reportado que los estudiantes que utilizan de forma constante las TICs en actividades extra escolares (frecuentemente redes sociales en sus celulares), tienden a presentar un menor desempeño en actividades como leer (Hembrook y Gay, 2003), y en general en el rendimiento escolar (Junco, 2012).

Finalmente, respecto a las implicaciones metodológicas, los resultados de este estudio apoyan la idea de que los estudios en psicología realicen evaluaciones en horas determinadas del día (Valdez, 2005), con la finalidad de evitar la presencia de variables extrañas. Además, es importante considerar factores como el ciclo de sueño-vigilia de las personas o su cronotipo, en caso de que la ejecución sea un factor principal en el estudio.

## Conclusiones

- La ejecución en el parpadeo atencional presentó variaciones homeostáticas y circadianas, con un desempeño deficiente en horas diurnas (11:00-20.00 h), que alcanzó su acrofase alrededor de las 18:00 h y disminuyó después de las 20:00 h con una batifase a las 06:00 h. El ritmo circadiano del límite atencional se encuentra en relación de fase con los ritmos circadianos de la temperatura corporal, la somnolencia, el cansancio y la alerta.
- La capacidad para responder a un sólo estímulo presenta variaciones homeostáticas y circadianas, con un desempeño eficiente en horas diurnas (11:00-20.00 h), que alcanza su acrofase alrededor de las 18:00 h y comienza a disminuir después de las 20:00 h para alcanzar su punto más bajo a las 06:00 h. El ritmo circadiano de la alerta tónica se encuentra en relación de fase con los ritmos circadianos de la temperatura corporal, la somnolencia y el cansancio.

## Referencias

Adler, R. F. y Benbunan-Fich, R. (2012). Juggling on a high wire: Multitasking effects on performance. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70(2), 156-168.

Åkerstedt, T. (2003). Shift work and disturbed sleep/wakefulness. *Occupational Medicine*, 53(2), 89-94.

Armstrong, I. T. y Munoz, D. P. (2003). Attentional blink in adults with attention-deficit hyperactivity disorder. *Experimental Brain Research*, 152(2), 243-250.

Aston-Jones, G., Rajkowski, J., Kubiak, P. y Alexinsky, T. (1994). Locus coeruleus neurons in monkey are selectively activated by attended cues in a vigilance task. *Journal of Neuroscience*, 14(7), 4467-4480.

Bell-Pedersen, D., Cassone, V. M., Earnest, D. J., Golden, S. S., Hardin, P. E., Thomas, T. L. y Zoran, M. J. (2005). Circadian rhythms from multiple oscillators: lessons from diverse organisms. *Nature Reviews Genetics*, 6(7), 544-556.

Binkley, S. A. (1983). Circadian rhythms of pineal function in rats. *Endocrine Reviews*, 4(3), 255-270.

Borbély, A. A. (1982). A two process model of sleep regulation. *Human neurobiology*, 1(3), 195-204.

Bratzke, D., Rolke, B., Ulrich, R. y Peters, M. (2007). Central slowing during the night. *Psychological Science*, 18(5), 456-461.

Broadbent, D. E. (1952). Listening to one of two synchronous messages. *Journal of Experimental Psychology*, 44(1), 51.

Broadbent, D. E. (1957). A mechanical model for human attention and immediate memory. *Psychological Review*, 64(3), 205.

Broadbent, D. E. y Broadbent, M. H. P. (1987). From detection to identification: Response to multiple targets in rapid serial visual presentation. *Perception y Psychophysics*, 42(2).

Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R. y Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28(2), 193-213.

Cajochen, C., Khalsa, S. B. S., Wyatt, J. K., Czeisler, C. A. y Dijk, D. J. (1999). EEG and ocular correlates of circadian melatonin phase and human performance decrements during sleep loss. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 277(3), R640-R649.

Carrier, J. y Monk, T. H. (2000). Circadian rhythms of performance: new trends. *Chronobiology International*, 17(6), 719-732.

Cellini, N., Goodbourn, P. T., McDevitt, E. A., Martini, P., Holcombe, A. O. y Mednick, S. C. (2015). Sleep after practice reduces the attentional blink. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77(6), 1945-1954.

Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 25(5), 975-979.

Cheung, V., Chen, E. Y., Chen, R. Y., Woo, M. F. y Yee, B. K. (2002). A comparison between schizophrenia patients and healthy controls on the expression of attentional blink in a rapid serial visual presentation (RSVP) paradigm. *Schizophrenia Bulletin*, 28(3), 443.

Choi, H., Chang, L. H., Shibata, K., Sasaki, Y. y Watanabe, T. (2012). Resetting capacity limitations revealed by long-lasting elimination of attentional blink through training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(30), 12242-12247.

Chun, M. M. y Potter, M. C. (1995). A two-stage model for multiple target detection in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental psychology: Human Perception and Performance*, 21(1), 109.

Cluydts, R., De Valck, E., Verstraeten, E. y Theys, P. (2002). Daytime sleepiness and its evaluation. *Sleep Medicine Reviews*, 6(2), 83-96.

Cohen, R. A., Sparling-Cohen, Y. A. y O'Donnell, B. F. (1993). *The neuropsychology of attention*. New York: Plenum Press.

Costa, G. (1996). The impact of shift and night work on health. *Applied Ergonomics*, 27(1), 9-16.

Czeisler, C. A., Duffy, J. F., Shanahan, T. L., Brown, E. N., Mitchell, J. F., Rimmer, D. W., ... & Dijk, D. J. (1999). Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science*, 284(5423), 2177-2181.

Czeisler, C. A., Moore-Ede, M. C. y Coleman, R. H. (1982). Rotating shift work schedules that disrupt sleep are improved by applying circadian principles. *Science*, 217(4558), 460-463.

Czeisler, C. A. (2013). Perspective: casting light on sleep deficiency. *Nature*, 497(7450), S13-S13.

Dell'Acqua, R., Dux, P. E., Wyble, B. y Jolicoeur, P. (2012). Sparing from the attentional blink is not spared from structural limitations. *Psychonomic Bulletin & review*, 19(2), 232-238.

Di Lollo, V., Kawahara, J. I., Ghorashi, S. S. y Enns, J. T. (2005). The attentional blink: Resource depletion or temporary loss of control?. *Psychological Research*, 69(3), 191-200.

Dibner, C., Schibler, U. y Albrecht, U. (2010). The mammalian circadian timing system: organization and coordination of central and peripheral clocks. *Annual Review of Physiology*, 72, 517-549.

Drucker-Colín, R., Aguilar-Roblero, R., García-Hernández, F., Fernández-Cancino, F. y Rattoni, F. B. (1984). Fetal suprachiasmatic nucleus transplants: diurnal rhythm recovery of lesioned rats. *Brain Research*, 311(2), 353-357.

Duffy, J. F. y Dijk, D. J. (2002). Getting through to circadian oscillators: why use constant routines?. *Journal of Biological Rhythms*, 17(1), 4-13.

Dux, P. E. y Marois, R. (2009). The attentional blink: A review of data and theory. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71(8), 1683-1700.

Dux, P. E., Tombu, M. N., Harrison, S., Rogers, B. P., Tong, F. y Marois, R. (2009). Training improves multitasking performance by increasing the speed of information processing in human prefrontal cortex. *Neuron*, 63(1), 127-138.

Dux, P. E., Wyble, B., Jolicoeur, P. y Dell'Acqua, R. (2014). On the costs of lag-1 sparing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40(1), 416.

Enns, J. T., Kealong, P., Tichon, J. G. y Visser, T. A. (2017). Training and the attentional blink: Raising the ceiling does not remove the limits. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 79(8), 2257-2274.

Folkard, S. y Monk, T. H. (1980). Circadian rhythms in human memory. *British Journal of Psychology*, 71(2), 295-307.

Folkard, S. y Tucker, P. (2003). Shift work, safety and productivity. *Occupational Medicine*, 53(2), 95-101.

García, A., Ramírez, C., Martínez, B. y Valdez, P. (2012). Circadian rhythms in two components of executive functions: cognitive inhibition and flexibility. *Biological Rhythm Research*, 43(1), 49-63.



García, A., Ramírez, C. y Valdez, P. (2015). Los cambios atencionales a lo largo del día en el ser humano. En M. Caba y P. Valdez. (Eds.), *Ritmos Circadianos de la Célula al Ser Humano* (167-180). Xalapa, México: Universidad Veracruzana.

Golombek, D. A. y Rosenstein, R. E. (2010). Physiology of circadian entrainment. *Physiological Reviews*, 90(3), 1063-1102.

Gotch, F. (1910). The delay of the electrical response of nerve to a second stimulus. *The Journal of Physiology*, 40(3), 250-274.

Green, D. J. y Gillette, R. (1982). Circadian rhythm of firing rate recorded from single cells in the rat suprachiasmatic brain slice. *Brain Research*, 245(1), 198-200.

Halberg, F. (1969). Chronobiology. *Annual Review of Physiology*, 31(1), 675-726.

Hari, R., Valta, M. y Uutela, K. (1999). Prolonged attentional dwell time in dyslexic adults. *Neuroscience Letters*, 271(3), 202-204.

Hawking, S. W. (1992). *Historia del Tiempo. Del Big Bang a los agujeros negros*. Ed. Planeta, Barcelona, 224.

Hembrooke, H. y Gay, G. (2003). The laptop and the lecture: The effects of multitasking in learning environments. *Journal of Computing in Higher Education*, 15(1), 46-64.

Horne, J. A. y Ostberg, O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology*, 4(2), 97-110.

Husain, M., Shapiro, K., Martin, J. y Kennard, C. (1997). Abnormal temporal dynamics of visual attention in spatial neglect patients. *Nature*, 385(6612), 154-156.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2017). "Estadísticas a propósito del día mundial del internet". Consultado 20-10-2017 en [http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2017/internet2017\\_Nal.pdf](http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2017/internet2017_Nal.pdf). [inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/default.aspx](http://inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/default.aspx)

Jarvis, B. G. (2008). DirectRT (Version 2008) [Computer Software]. New York, NY: Empirisoft Corporation.

Johns, M. W. (1991). A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*, 14(6), 540-545.

Junco, R. (2012). In-class multitasking and academic performance. *Computers in Human Behavior*, 28(6), 2236-2243.

Kanwisher, N. G. (1987). Repetition blindness: Type recognition without token individuation. *Cognition*, 27(2), 117-143.

Kanwisher, N. G. (2014, March). Nancy Kanwisher: A neural portrait of the human mind [Video file]. Retrieved from [https://www.ted.com/talks/nancy\\_kanwisher\\_the\\_brain\\_is\\_a\\_swiss\\_army\\_knife/transcript](https://www.ted.com/talks/nancy_kanwisher_the_brain_is_a_swiss_army_knife/transcript).

Kavcic, V. y Duffy, C. J. (2003). Attentional dynamics and visual perception: mechanisms of spatial disorientation in Alzheimer's disease. *Brain*, 126(5), 1173-1181.

Kawahara, J. I., Kumada, T. y Di Lollo, V. (2006). The attentional blink is governed by a temporary loss of control. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(5), 886-890.

Kc, D. S. (2013). Does multitasking improve performance? Evidence from the emergency department. *Manufacturing & Service Operations Management*, 16(2), 168-183.

MacLean, M. H. y Arnell, K. M. (2012). A conceptual and methodological framework for measuring and modulating the attentional blink. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(6), 1080-1097.

Maki, W. S. y Padmanabhan, G. (1994). Transient suppression of processing during rapid serial visual presentation: Acquired distinctiveness of probes modulates the attentional blink. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(4), 499-504.

Monk, T. H. (2005). The post-lunch dip in performance. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), e15-e23.

Moore-Ede, M. C., Schmelzer, W. S., Kass, D. A. y Herd, J. A. (1976, October). Internal organization of the circadian timing system in multicellular animals. *In Federation Proceedings Vol. 35*, No. 12, pp. 2333-2338.

Moore-Ede, M. C., Sulzman, F. M. y Fuller, C. A. (1982). *The clocks that time us (Vol. 448)*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Moray, N. (1959). Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11(1), 56-60.

Mundial, A. M. (2014). Declaración de Helsinki. Principios éticos para la investigación en seres humanos. *Boletín del Consejo Académico de Ética en Medicina*, 1(2).

Nakatani, C., Baijal, S. y Van Leeuwen, C. (2012). Curbing the attentional blink: Practice keeps the mind's eye open. *Neurocomputing*, 84, 13-22.

Nieuwenhuis, S., Gilzenrat, M. S., Holmes, B. D. y Cohen, J. D. (2005). The role of the locus coeruleus in mediating the attentional blink: a neurocomputational theory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134(3), 291.

Olivers, C. N. y Meeter, M. (2008). A boost and bounce theory of temporal attention. *Psychological Review*, 115(4), 836.

Palmer, J. D. (1976). *An introduction to biological rhythms*. New York: Academic Press.

Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116(2), 220–244.

Posner, M. y Rafal, R. (1987). Cognitive theories of attention and the rehabilitation of attentional. En M. J. Meier, A. L. Benton, L. Diller (eds.) *Neuropsychological* (pp. 182-201) New York.

Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32(1), 3-25.

Potter, M. C., Chun, M. M., Banks, B. S. y Muckenhoupt, M. (1998). Two attentional deficits in serial target search: the visual attentional blink and an amodal task-switch deficit. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24(4), 979.

Ralph, M.R., (1996). Circadian rhythms mammalian aspects. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 7 (6), 821-830.

Ramírez, C., Talamantes, J., García, A., Morales, M., Valdez, P. y Menna-Barreto, L. (2006). Circadian rhythms in phonological and visuospatial storage components of working memory. *Biological Rhythm Research*, 37(5), 433–441.

Raymond, J. E., Shapiro, K. L. y Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink?. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(3), 849.

Ruthruff, E., Johnston, J. C. y Van Selst, M. (2001). Why practice reduces dual-task interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(1), 3.

Sallinen, M., Härmä, M., Åkerstedt, T., Rosa, R. y Lillqvist, O. (1998). Promoting alertness with a short nap during a night shift. *Journal of Sleep Research*, 7(4), 240-247.

Semba, J. I., Toru, M. y Mataga, N. (1984). Twenty-four hour rhythms of norepinephrine and serotonin in nucleus suprachiasmaticus, raphe nuclei, and locus coeruleus in the rat. *Sleep*, 7(3), 211-218.

Shapiro, K. L., Raymond, J. E. y Arnell, K. M. (1994). Attention to visual pattern information produces the attentional blink in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20(2), 357.

Shin, J. C., Chang, S. y Cho, Y. S. (2015). Adjustment to subtle time constraints and power law learning in rapid serial visual presentation. *Frontiers in Psychology*, 6.

Smith, M. J., Colligan, M. J. y Tasto, D. L. (1982). Health and safety consequences of shift work in the food processing industry. *Ergonomics*, 25(2), 133-144.

Stephan, F. K. y Zucker, I. (1972). Circadian rhythms in drinking behavior and locomotor activity of rats are eliminated by hypothalamic lesions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 69(6), 1583-1586

Taatgen, N. A., Juvina, I., Schipper, M., Borst, J. P. y Martens, S. (2009). Too much control can hurt: A threaded cognition model of the attentional blink. *Cognitive Psychology*, 59(1), 1-29.

Tang, M. F., Badcock, D. R. y Visser, T. A. (2014). Training and the attentional blink: Limits overcome or expectations raised?. *Psychonomic Bulletin & Review*, 21(2), 406-411.

Telford, C. W. (1931). The refractory phase of voluntary and associative responses. *Journal of Experimental Psychology*, 14(1), 1.

Tucker, P. (2003). The impact of rest breaks upon accident risk, fatigue and performance: a review. *Work & Stress*, 17(2), 123-137.

Tucker, P., Folkard, S. y Macdonald, I. (2003). Rest breaks and accident risk. *The Lancet*, 361(9358), 680.

Valdez Ramírez, P. (2005). Ritmos circadianos en los procesos atencionales del ser humano [Tesis doctoral].

Valdez, P., Ramírez, C. y García, A. (1996). Delaying and extending sleep during weekends: sleep recovery or circadian effect?. *Chronobiology International*, 13(3), 191-198.

Valdez, P., Ramírez, C., García, A., Talamantes, J., Armijo, P. y Borrani, J. (2005). Circadian rhythms in components of attention. *Biological Rhythm Research*, 36(1–2), 57–65.

Valdez, P., Ramírez, C., García, A., Talamantes, J. y Cortez, J. (2010). Circadian and homeostatic variation in sustained attention. *Chronobiology International*, 27(2), 393-416.

Valdez, P., Ramírez, C. y García, A. (2014). Circadian rhythms in cognitive processes: implications for school learning. *Mind, Brain, and Education*, 8(4), 161-168.

Valdez, P. (2015). *Cronobiología. Respuestas Psicofisiológicas al Tiempo*. México: Editorial Trillas. ISBN: 9786071722515.

Weichselgartner, E., y Sperling, G. (1987). Dynamics of automatic and controlled visual attention. *Science*, 238(4828), 778–780. doi:10.1126/science.3672124.

Wright, K. P., Hull, J. T. y Broadbent, C. A. (2002). Relationship between alertness, performance, and body temperature in humans. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 283(6), R1370-R1377.

Wyble, B., Bowman, H. y Nieuwenstein, M. (2009). The attentional blink provides episodic distinctiveness: sparing at a cost. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(3), 787.



## Apéndices

### Apéndice A. Carta de consentimiento informado

Monterrey, N. L. a: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Por medio de la presente hago constar que estoy enterado (a) de los objetivos que persigue la investigación: **“Ritmos circadianos en el límite de la capacidad atencional”**, así como la forma en que se llevarán a cabo.

Además, manifiesto que participo en este estudio de manera voluntaria y sin compromiso.

El firmar esta carta no establece ningún tipo de obligación, sólo significa que estoy enterado (a) y acepto participar voluntariamente en la investigación mencionada.

---

Nombre del Colaborador (a)

---

Firma del colaborador(a)

## Apéndice B. Datos generales del estudiante

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ años

Sexo: \_\_ Masculino \_\_ Femenino \_\_ Diestro \_\_ Zurdo \_\_ Ambidiestro \_\_ Estatura: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ kg

Escolaridad (años completos cursados): Kínder: \_\_\_\_\_ Primaria: \_\_\_\_\_ Secundaria: \_\_\_\_\_ Preparatoria: \_\_\_\_\_

Profesional: \_\_\_\_\_

Grado escolar actual: \_\_\_\_\_ Turno \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_

¿Tuvo dificultades para respirar al nacer? Sí: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_ ¿Por cuánto tiempo?: \_\_\_\_\_ minutos

¿Ha tenido enfermedades graves? Sí: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_ ¿Cuáles? Edad: \_\_\_\_\_ Enfermedad: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Enfermedad: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Enfermedad: \_\_\_\_\_

¿Ha tenido accidentes graves? Sí: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_ ¿Cuáles? Edad: \_\_\_\_\_ Accidente: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Accidente: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Accidente: \_\_\_\_\_

¿Ha perdido la conciencia (desmayo) por más de 30 minutos? Sí: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

¿Ha estado hospitalizado? Sí: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ ¿Por cuánto tiempo?: \_\_\_\_\_

Motivo: \_\_\_\_\_

¿Ha tomado medicamentos por un período prolongado (meses)? Sí: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_ ¿Cuáles?

Edad: \_\_\_\_\_ Medicamento: \_\_\_\_\_ Número de meses: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Medicamento: \_\_\_\_\_ Número de meses: \_\_\_\_\_

¿Ha consumido alguna droga? Sí: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_ Desde qué edad: \_\_\_\_\_ Las consume actualmente Sí: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

Especifique cuál o cuáles: \_\_\_\_\_

¿Ha tenido o tiene algún trastorno en el desarrollo (déficit de atención, trastorno de aprendizaje)?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Trastorno: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Trastorno: \_\_\_\_\_

**Horario de clases**

Día	Entrada	Salida	Día	Entrada	Salida
Lunes			Jueves		
Martes			Viernes		
Miércoles			Sábado		

¿Cuánto tiempo tarda en prepararse (arreglo personal) para salir a la escuela? \_\_\_\_\_ minutos

¿Cuánto tiempo tarda en trasladarse de su casa a la escuela?: \_\_\_\_\_ minutos

**Si usted es foráneo (a) conteste las siguientes preguntas**

Ciudad, estado y país de origen: \_\_\_\_\_

¿Con qué frecuencia regresa a su ciudad de origen? \_\_\_\_\_

¿Cuándo fue la última vez que regresó? \_\_\_\_\_

**Si actualmente realiza alguna actividad con horario fijo (clases, ejercicio, trabajo, etc.), especifique cual(es), que días de la semana y a qué horas.**

Actividad: \_\_\_\_\_ Días: \_\_\_\_\_ Horario: \_\_\_\_\_

Actividad: \_\_\_\_\_ Días: \_\_\_\_\_ Horario: \_\_\_\_\_

Actividad: \_\_\_\_\_ Días: \_\_\_\_\_ Horario: \_\_\_\_\_

**Si en los últimos 6 meses ha viajado a un lugar donde tuvo que cambiar la hora del reloj, especifique:**

Lugar (estado y país): \_\_\_\_\_

Fecha de ida: \_\_\_\_\_ Fecha de regreso: \_\_\_\_\_

**Si usted es mujer, conteste las siguientes preguntas**

¿Su ciclo menstrual es regular (inicia cada 20-32 días aproximadamente)? Sí: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

¿Cuándo fue el inicio de su último ciclo menstrual?: Día: \_\_\_\_\_ Mes: \_\_\_\_\_

¿Cuándo fue el inicio de su penúltimo ciclo menstrual?: Día: \_\_\_\_\_ Mes: \_\_\_\_\_

**Datos para contactarlo**

Escuela: \_\_\_\_\_ Semestre: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

Turno: \_\_\_\_\_ Teléfono de casa: \_\_\_\_\_ Tel. Celular: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

## Apéndice C. Autoevaluación de la fase circadiana

(Horne y Ostberg 1976, Traducción: Téllez y Valdez, 1998)

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

### Instrucciones:

1. Lea cada pregunta con cuidado antes de contestar.
2. Responda todas las preguntas.
3. Responda las preguntas en el orden en que aparecen.
4. Cada pregunta debe contestarse independientemente de las otras. NO revise sus respuestas anteriores.
5. Para cada pregunta marque con una cruz sólo una respuesta. En las preguntas con una escala marque con una cruz en el espacio adecuado de la escala.
6. Conteste lo más sinceramente posible. Los resultados son estrictamente confidenciales.
7. Anote sus comentarios debajo de cada pregunta.

### CUESTIONARIO

1. Si pudiera planear libremente su día, ¿a qué hora se levantaría?



2. Si pudiera planear libremente su tarde, ¿a qué hora se acostaría?



3. Si tiene que levantarse en la mañana a una hora específica, ¿qué tanto depende de un reloj alarm: para despertar?

No dependo  
Dependo un poco  
Dependo mucho  
Dependo totalmente


4. En un día con clima agradable, ¿qué tan fácil se levanta en la mañana?

Muy difícil  
Difícil  
Fácil  
Muy fácil


5. ¿Qué tan atento y despejado se siente durante la primera media hora después de despertar en la mañana?

Nada despejado  
Un poco despejado  
Despejado  
Muy despejado


6. ¿Qué tanta hambre tiene durante la primera media hora después de despertar en la mañana?

Muy poca  
Poca  
Regular  
Mucha


7. ¿Qué tan cansado se siente durante la primera media hora después de despertar en la mañana?

Muy cansado  
Cansado  
Descansado  
Muy descansado

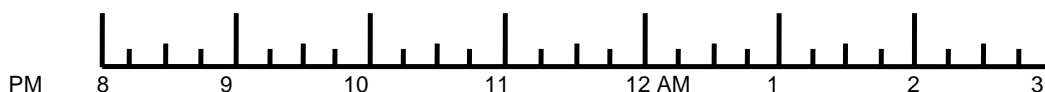

8. Cuando no tiene nada que hacer el día siguiente, ¿a qué hora se acuesta en comparación con la que acostumbra?

Casi nunca (o nunca) más tarde  
Menos de una hora más tarde  
1 - 2 horas más tarde  
Más de 2 horas más tarde


9. Suponga que ha decidido hacer ejercicio dos días por semana y un amigo lo invita de 7 a 8 AM. ¿Cómo cree que se sentiría?

En muy buena forma  
En buena forma  
Sería difícil  
Sería muy difícil


10. ¿A qué hora se siente cansado y con sueño?



11. Si deseara estar en mejor momento para una prueba escrita difícil (que consiste en resolver problemas y que durará más de dos horas), si pudiera planear libremente su día, ¿qué intervalo escogería?

8 - 10 AM

11 AM - 1 PM

3 - 5 PM

7 - 9 PM


12. Si se acostase a dormir a las 11 PM, ¿qué tan cansado estaría en ese momento?

Nada cansado

Un poco cansado

Cansado

Muy cansado


13. Si por alguna razón se acostó a dormir más tarde de lo acostumbrado y no tiene necesidad de levantarse a una hora determinada al día siguiente, ¿qué es más probable que le suceda?

Despertaría a la hora acostumbrada y ya no dormiría

Despertaría a la hora acostumbrada y me sentiría somnoliento

Despertaría a la hora acostumbrada y me volvería a dormir enseguida

Despertaría más tarde de lo acostumbrado


14. Si tuviera que trabajar de 4 a 6 AM y no tuviese actividades al día siguiente, ¿qué es lo que haría?

Sólo dormiría después de terminar de trabajar

Tomaría una siesta antes del trabajo y dormiría bien después del trabajo

Dormiría bien antes de trabajar y tomaría una siesta después del trabajo

Sólo dormiría antes de trabajar


15. Si tuviese que hacer un trabajo físico intenso, ¿qué intervalo escogería?

8-10 AM

11 AM-1 PM

3-5 PM

7-9 PM


16. Suponga que ha decidido hacer ejercicio dos días por semana y un amigo lo invita de 10 a 11 PM ¿cómo cree que se sentiría?

En muy buena forma

En buena forma

Sería difícil

Sería muy difícil


17. Suponga que puede escoger sus horas de trabajo. Si trabajase 5 hrs. seguidas, su trabajo fuera muy Interesante y se le pagara de acuerdo a su rendimiento, ¿cuáles 5 hrs. seguidas escogería?

12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Medianoche

Mediodía

Medianoche

18. ¿A qué hora del día cree que está en su mejor momento? **Marque un solo cuadro.**

12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Medianoche

Mediodía

Medianoche

19. Uno escucha acerca de gentes "madrugadoras" y "nocturnas", ¿de cuál de esos tipos se considera?

Definitivamente madrugador  
 Más madrugador que nocturno  
 Más nocturno que madrugador  
 Definitivamente nocturno


## Apéndice D. Trastornos del Dormir

Lea cuidadosamente los problemas del dormir que se mencionan abajo y señale cuál de ellos presenta actualmente usted. Cuando marque **SI**, indique enseguida lo molesto del problema.

			Me molesta				
	NO	SI	Nada	Poco	Regular	Mucho	Demasiado
¿Tiene dificultades para empezar a dormir?							
¿Tiene despertamientos durante la noche con dificultades para volver a dormir?							
¿Despierta en la noche y no logra volver a dormir?							
¿Se siente cansado al despertar?							
¿Siente que duerme demasiado tiempo?							
¿Siente muchas ganas de dormir durante el día?							
¿Tiene pesadillas?							
¿Recuerda sus pesadillas detalladamente?							
¿Habla dormido?							
¿Tiene sonambulismo (camina dormido)?							
¿Siente que no puede moverse (paralizado) al empezar a dormir o al despertar?							
¿Rechina los dientes dormido?							
¿Se orina en la cama?							
¿Ronca?							





La hora en que se LEVANTA es el momento en el que ya está fuera de la cama y empieza su día.

Pregunta	Horas	Minutos	PM	AM
¿Qué es <b>lo más temprano</b> que se LEVANTA un día de trabajo o escuela?				
¿Qué es <b>lo más tarde</b> que se LEVANTA un día de trabajo o escuela?				
¿Cuál es la hora en que <b>generalmente</b> se LEVANTA un día de trabajo o escuela?				

Durante los días de escuela o trabajo ¿Qué tan constante es la hora en que se LEVANTA?

Se mantiene entre (marque debajo de una de las opciones):

0-15 min	16-30 min	31-45 min	46-60 min	61-75 min	76-90 min	91-105 min	106-120 min	2-3 horas	3-4 horas	más de 4 horas

Pregunta	Horas	Minutos	PM	AM
¿Qué es <b>lo más temprano</b> que se LEVANTA un día libre (por ejemplo, el fin de semana)?				
¿Qué es <b>lo más tarde</b> que se LEVANTA un día libre (por ejemplo, el fin de semana)?				
¿Cuál es la hora en que <b>generalmente</b> se LEVANTA un día libre (por ejemplo, el fin de semana)?				

Durante los días libres (por ejemplo, en fin de semana) ¿Qué tan constante es la hora en que se LEVANTA?

Se mantiene entre (marque debajo de una de las opciones):

0-15 min	16-30 min	31-45 min	46-60 min	61-75 min	76-90 min	91-105 min	106-120 min	2-3 horas	3-4 horas	más de 4 horas

¿Generalmente cuánto tiempo tarda en quedarse dormido a partir de que empieza a intentarlo?

\_\_\_\_\_ minutos

¿Generalmente cuánto tiempo permanece despierto en la noche cuando se interrumpe su dormir (por ejemplo, para ir al baño)?

\_\_\_\_\_ minutos

### Apéndice F. Escala de somnolencia de Epworth

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:**

1. Señala que tan probable es que dormites o te quedes dormido en las situaciones que se mencionan en la tabla, no incluyas cuando te sientes solamente cansado.
2. Contesta de acuerdo a tu vida cotidiana reciente.
3. Si no realizaste algunas de estas actividades, trata de responder como si te hubieran ocurrido.
4. Elige la probabilidad *más apropiada* para cada situación, usando la escala que se presenta a continuación:

	Situación	Probabilidad de dormir			
		No dormiría	Poca probabilidad de dormir	Moderada probabilidad de dormir	Alta probabilidad de dormir
1	Sentado y leyendo				
2	Viendo Televisión				
3	Sentado, inactivo en un lugar público (teatro, conferencia)				
4	Siendo acompañante en un carro por una hora sin parar				
5	Recostado descansando en la tarde, cuando las circunstancias lo permiten				
6	Sentado y platicando con alguien				
7	Sentado en silencio después de comer sin haber ingerido alcohol				
8	En un carro, mientras que se detiene por pocos minutos en el tráfico (semáforo)				

**Gracias por su cooperación**

### Apéndice G. Encuesta Diaria

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Escriba la información correspondiente. Recuerde poner **A.M.** o **P.M.** donde corresponda.

¿A qué hora se acostó a **dormir** anoche? \_\_\_\_\_ ¿Cuánto tiempo tardó en dormirse?  
Especifique en minutos \_\_\_\_\_

¿A qué hora se **despertó** hoy? \_\_\_\_\_ ¿A qué hora se levantó hoy? \_\_\_\_\_

¿Cómo se despertó hoy? Con despertador \_\_\_\_\_ Espontáneo \_\_\_\_\_ Otro (especifique) \_\_\_\_\_

¿Cuántas veces se despertó durante el dormir? \_\_\_\_\_ Tiempo máximo que estuvo despierto  
Especifique en minutos: \_\_\_\_\_

Si tomó alguna siesta el día de ayer, especifique:

Hora de inicio: \_\_\_\_\_ Hora de terminación: \_\_\_\_\_

¿Utilizó su celular, laptop o tablet en la cama antes de dormir anoche? N Sí ¿Cuál  
o \_\_\_\_\_ ? \_\_\_\_\_

¿Por cuánto tiempo? Especifique en minutos: \_\_\_\_\_

¿Fue el día de hoy a la escuela? N Sí Hora en que llegó a la escuela hoy: \_\_\_\_\_  
o \_\_\_\_\_

**Califique lo siguiente de acuerdo con la escala de la derecha.**

	Nada	Poco	Regular	Mucho	Demasiado
¿Tuvo dificultades para empezar a dormir anoche?					
¿Qué tan satisfecho quedó hoy de su dormir?					
¿Qué tan alerta y dispuesto a trabajar se sintió hoy al despertar?					
¿Qué tan somnoliento se sintió durante el día de ayer?					
¿Qué tan cansado se sintió durante el día de ayer?					

Si consumió alguno(s) de los siguientes durante el día de ayer, especifique:

	Nombre	Cantidad	¿A qué hora(s) del día?:
Medicamentos			
Refresco de cola o energizantes			
Bebidas alcohólicas			
Cigarros			
Café			
Otras drogas			

**Apéndice H. Diario de alimentación**

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Anotar TODOS los alimentos que consuma durante el día desde que se despertó hasta que se acostó. Favor de incluir detalles acerca de las cantidades e ingredientes de la comida, en caso de ser un producto empacado, incluir marca y contenido.

Comida	Ingredientes	Marca comercial	Cantidad (gramos, mililitros)

Especifique si tiene restricciones alimenticias (alergias, vegetarianismo, etc.):

**Apéndice I. Escalas visuales analógicas para el registro de somnolencia y cansancio**

---

**SOMNOLENCIA**

Nombre: \_\_\_\_\_

Marque con una línea vertical sobre la siguiente línea su grado de somnolencia actual, considerando que el extremo izquierdo representa nada de somnolencia y el derecho mucha somnolencia.

---

Registrador..... Registro.....

---

**CANSANCIO**

Nombre: \_\_\_\_\_

Marque con una línea vertical sobre la siguiente línea su grado de cansancio actual, considerando que el extremo izquierdo representa nada de somnolencia y el derecho mucha somnolencia.

---

Registrador..... Registro.....